

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



БИБЛИОТЕЧКА • КВАНТ •

выпуск 76

В. С. ГЕТМАН

ВНУКИ СОЛНЦА





БИБЛИОТЕЧКА · КВАНТ ·

выпуск 76

В. С. ГЕТМАН

ВНУКИ СОЛНЦА

АСТЕРОИДЫ
КОМЕТЫ
МЕТЕОРНЫЕ ТЕЛА

Библиотека
МАТЕМАТИЧЕСКОГО
КОЛЛЕДЖА НМУ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1989

6620

ББК 22.655

Г44

УДК 523.44+523.6 (023)

Серия «Библиотечка «Квант»

основана в 1980 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Академик Ю. А. Осипьян (председатель), доктор физико-математических наук А. И. Буздин (ученый секретарь), академик А. А. Абрикосов, академик А. С. Боровик-Романов, академик Б. К. Вайнштейн, заслуженный учитель РСФСР Б. В. Воздвиженский, академик В. Л. Гинзбург, академик Ю. В. Гуляев, академик А. П. Ершов, профессор С. П. Капица, академик А. Б. Мигдал, академик С. П. Новиков, академик АПН СССР В. Г. Разумовский, академик Р. З. Сагдеев, профессор Я. А. Смородинский, академик С. Л. Соболев, член-корреспондент АН СССР Д. К. Фаддеев

Рецензент кандидат физико-математических наук
А. В. Бялко

Гетман В. С.

Г44 Внуки Солнца.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 176 с.— (Б-чка «Квант»; Вып. 76)
ISBN 5-02-014081-3

Астероиды, кометы, метеорные тела, в бесчисленном множестве «населяющие» межпланетное пространство, все больше привлекают внимание ученых и любителей астрономии. Таинственный Икар, знаменитая комета Галлея, тысячи небесных камней, забитых в Землю космическими ударами, потрясающие воображение болиды, огненными шарами пронзающие по небу, ливни «падающих звезд» — все это связано с малыми телами Солнечной системы. Их описание и посвящена эта книга.

Для школьников 6—10-х классов, любителей астрономии, интересующихся проблемами науки сегодняшнего дня.

Г $\frac{1605050000-120}{053(02)-89}$ 163-89

ББК 22.653

ISBN 5-02-014081-3

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1989

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава 1. Каменолюмия Солнечной системы	5
Не бросайте трубку, пожалуйста! (5). С чего все началось? (6). Che cosa è questo? (8). Наследие Гиппарха (11). Так сколько же их? (15). Белые вороны (20). Эхо Троянской войны (24). Небесные правила «уличного» движения (28). А вот и Фавтон! (35). Что случилось с динозаврами? (38). Стокан спирта и капля масла или что-то другое? (42).	
Глава 2. Гости с периферии	45
«Тихие звезды» (45). На свидание с Солнцем (48). О чем говорит орбита? (51). Каменистые тропы науки (53). Земля пыряет в хвост кометы (56). Место встречи изменить нельзя (59). Какое оно — ядро? (62). Гран мерси, мсье Мессье! (66). Под носом у Солнца (68). Не щеко-чите Великое светило (70). Результаты «липпнут» к результатам! (73). Хранилище кометных ядер (75). Зачем нужна Немезида? (76). Еще одна головоломка (78).	
Глава 3. От падающих звезд к небесным камням	81
Загадай желание (81). Чуть-чуть истории (82). Космическая мелочь (89). Ну, и как же вас наблюдать? (99). Атакуем атмосферу! (108). Пушинки или камешки? (113). Дуют ли ветры на больших высотах? (118). А что «говорят» космические аппараты? (121). От яркого болида к метеоритному дождю (124). Их надо искать (131). Упал с неба? Прошу в лабораторию... (133). Ищите ключ к Тунгусской тайне (137). Внимание, НЛО. (141).	
Глава 4. Я сам! (Прочтите эту главу)	165
Рекомендуемая литература	175

ПРЕДИСЛОВИЕ

Едва взглянув на заголовок книги, осведомленный читатель возразит, что по крайней мере астероиды и кометы нельзя отнести к «внукам» Солнца. Это действительно так, поскольку согласно современным представлениям Солнце, планеты, кометные ядра и астероиды образовались из газовой туманности в одну эпоху, приблизительно 4,6 миллиарда лет назад.

Конечно же, этот заголовок ни в коей мере не связан с истинной «генеалогией» небесного населения. Он лишь подчеркивает тот факт, что и астероиды, и кометы, а тем более метеорные частицы чрезвычайно малы по сравнению с «Вечным светилом».

И если чисто эмоционально планеты можно было бы назвать детьми Солнца (имея в виду их размеры), то малые тела вполне допустимо отнести к его внукам. При этом следует помнить, что эти тела — совершенно равноправные члены семьи Солнца. Поэтому их голоса ни в коем случае нельзя исключать из общего космогонического хора, исполняющего кантату об истории Солнечной системы.

«Внуки Солнца» — это книга о «космическом мусоре», в изобилии рассеянном в межпланетном пространстве. «Копаясь» в нем, ученые, подобно Шерлоку Холмсу, почти из ничего добывавшему неопровержимые улики, отыскивают крупинцы научной истины, чтобы восстановить звенья причинной цепи событий, произошедших миллиарды лет назад.

КАМЕНОЛОМНЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Не бросайте трубку, пожалуйста!

...Давным-давно, в 1968 году, в моем кабинете зазвонил телефон.

— Скажите, что такое Икар? — спросил взволнованный женский голос.

— Икар — это маленькая планета...

— Не планета, а комета, — перебили меня.

— Ну, если вы считаете себя правой, зачем же звоните сюда?..

— Нет-нет, ради бога, не бросайте трубку. Пожалуйста... Я просто не знаю, что делать... Все говорят, что этот Икар упадет на Землю... Я вещи уже собрала, но я не знаю, как быть дальше?..

...Эту насмерть перепуганную женщину можно было понять. В то время журналисты всего мира не жалели самых черных красок, изображая жуткие последствия падения Икара на Землю. Предполагалось, что космический пришелец шлепнется в Индийский океан в районе Африки и поднимет громадную волну, которая, кажется, должна была омыть земной шар дважды...

— Ну, и при чем здесь журналисты? — спросите вы. — Ведь не журналисты же придумали весть о падении Икара на Землю. Они лишь подхватили ее и со свойственной им предприимчивостью сделали сенсацией. И кстати, что же такое Икар?

Икар — астероид, космическая крошка поперечником 1,5 километра, обращается вокруг Солнца по замкнутой орбите. Через каждые 19 лет он приближается к Земле, «делает ей ручкой» и вновь уходит в свое «прекрасное далёко».

В конце 60-х годов австралийские ученые опубликовали результаты расчетов, указывающих, что в 1968 году Икар не просто сблизится с Землей, но столкнется с ней. Немудрено, что журналисты быстро разнесли это известие по всему земному шару.

Мир напрягся. Однако более точные и подробные расчеты советского астронома Н. А. Беляева и других ученых не подтвердили «запланированной» катастрофы. Уточненные данные свидетельствовали, что астероид пройдет по астрономическим понятиям недалеко от Земли. Действительно, в июне 1968 года в момент наибольшего сближения Икар пронесся на расстоянии 6,36 миллиона километров от нашей планеты.

Невооруженным глазом нам с вами эту маленькую планету ни за что не увидеть «даже» с 6 миллионов километров. Каким же образом она дала о себе знать?

Здесь трудно удержаться, чтобы не рассказать, как вообще были обнаружены астероиды. Давайте углубимся в историю на 220 с лишним лет назад.

С чего все началось?

В 1766 году немецкий астроном, физик и математик Иоганн Тициус поделился интересными наблюдениями. Оказывается, если измерить расстояние от Земли до Солнца — оно равно приблизительно 150 миллионам километров и называется астрономической единицей (а.е.), — то, пользуясь некоторой формулой, придуманной Тициусом, можно оценить расстояние и до других планет.

По-видимому, серьезный интерес к этой интеллектуальной находке ученые проявили лишь через 6 лет, когда другой немецкий астроном Иоганн Боде опубликовал формулу Тициуса и привел некоторые результаты, вытекающие из ее применения. С тех пор формула называется правилом Тициуса — Боде. Вероятно, многие из вас никогда не слышали о таком правиле. Математически его можно записать так:

$$r_n = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n.$$

Здесь r_n — среднее расстояние от Солнца до планеты, n — число, принимающее значения $-\infty, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ и т. д. При этом для Земли $n=1$.

Давайте подставим в формулу вместо n единицу и получим, что для Земли

$$r_n = 1.$$

С помощью калькулятора вы можете посчитать расстояния для остальных планет.

Не исключая, что «такой пустяк» можно посчитать и в уме. Пожалуйста. Если не ошибетесь, то по результатам можете составить небольшую таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

Номер планеты	Название планеты	n	Истинное расстояние от Солнца, а. е.	Расстояние от Солнца по правилу Тициуса — Боде, а. е.
1	Меркурий	$-\infty$	0,39	0,4
2	Венера	0	0,72	0,7
3	Земля	1	1,0	1,0
4	Марс	2	1,52	1,6
5	—	3	—	2,8
6	Юпитер	4	5,2	5,2
7	Сатурн	5	9,54	10,0
8	Уран	6	19,2	19,6
9	Нептун	7	30,07	38,8
10	Плутон	8	39,46	77,2

Впрочем, если вы решили считать в уме, то можно воспользоваться и другим, может быть, для некоторых более подходящим способом.

Пронумеруйте планеты, против каждого номера напишите цифру 4, а затем прибавьте к первой 0, ко второй 3, к третьей 6, затем 12, 24 и т. д. Каждую сумму разделите на 10 (см. табл. 2).

Беглого взгляда достаточно, чтобы убедиться, что, во-первых, для планеты под номером 5 нет истинного расстояния, да, собственно, и самой планеты нет, и, во-вторых, что-то непонятное происходит с Нептуном и Плутоном.

Мы уже говорили, что правило Тициуса—Боде — это не закон, подобный, например, законам Кеплера или Ньютона, а правило, которое было получено из анализа имеющихся данных о расстояниях планет от Солнца. Просто некое удивительное соотношение, мимо которого проходили долгое время. Никакого теоретического обоснования правило Тициуса—Боде не имеет. Конечно, отклонения от правила вполне естественны. Во всяком случае, их можно было ожидать. Самые серьезные отклонения проявляются по отношению к Нептуну и Плутону.

Но зато для других планет совпадение просто фантастическое!

Вы вправе задать вопрос: «А почему нет названия у пятой планеты и где она сама?» Когда Боде обнарудо-

Таблица 2

Номер планеты	Название планеты	n	Истинное расстояние от Солнца, а. е.	Расстояние от Солнца по правилу Тициуса — Боде, а. е.
1	Меркурий	4+0	0,39	0,4
2	Венера	4+3	0,72	0,7
3	Земля	4+6	1,0	1,0
4	Марс	4+12	1,52	1,6
5	—	4+24	—	2,8
6	Юпитер	4+48	5,2	5,2
7	Сатурн	4+96	9,54	10,0
8	Уран	4+192	19,2	19,6
9	Нептун	4+384	30,07	38,8
10	Плутон	4+768	39,46	77,2

вал правило в 1772 году, Уран, Нептун и Плутон еще не были открыты астрономами. И представьте себе, в 1781 году открывают Уран, и оказывается, что для него имеет место хорошее совпадение с правилом Тициуса—Боде! Именно оно подтолкнуло астрономов к поиску пятой планеты между орбитами Марса и Юпитера. Хотя при этом возникало немало споров. Широкое обсуждение вопроса состоялось на Астрономическом конгрессе в 1796 году. Дело новое, а поэтому не все его одобряли.

Конечно, не всякое новое бывает действительно достойно этого определения, но даже безусловно новое часто завоевывает себе «место под Солнцем» в трудных боях. А случай правила Тициуса—Боде как раз нельзя было считать на сто процентов достоверным, и поэтому не стоит удивляться, что часть астрономов была весьма скептически настроена по этому поводу. Случайное совпадение и не более!

К нашему сожалению, стенограмма этой дискуссии не сохранилась, но мы можем насладиться поучительным примером, как оптимистам удалось сломить скептиков.

Che cosa é questo?

Как бы то ни было, но «недостающую» планету в пространстве между Юпитером и Марсом стали искать.

Я не знаю, чью сторону в этом споре взяли вы, дорогой читатель, но хотелось бы видеть вас среди оптимис-

тов. Пока вы молоды, вас должны обуревать приступы фантазии и тяга к поиску.

Но это к слову. Вернемся к нашей истории. Астрономы приступили к поиску пятой планеты.

А, кстати, как бы вы повели себя на их месте, берясь за новое дело?

Не думаю, что «безропотно» наводили бы телескопы в предполагаемые области неба и ночи напролет молча обшаривали его градус за градусом. Наверняка бы при этом ворчали:

— Почему же эту планету еще никто никогда не видел? Предполагаемое расстояние ее от Солнца составляет около трех астрономических единиц, т. е. примерно 420 миллионов километров, а планеты не видно. А ведь Юпитер отстоит от Солнца на 780 миллионов километров, Сатурн — на 1 миллиард 400 миллионов, а Уран — почти на 3 миллиарда километров! Эти далекие планеты мы видим, а находящуюся, можно сказать, рядом до сих пор не заметили!

В чем дело?

Постой, постой, а может быть, она «слеплена» из другого «теста», и поэтому ее поверхность очень скупо отражает солнечный свет?

Но тогда, значит, эта планета не похожа на другие? Почему?

А может быть, она имеет такую угловатую форму и повернута к нам всегда такой неудобной стороной, что весь отраженный свет «стреляет» мимо Земли? Ведь вот «заупрямилась» же Луна, не показывает нам свою обратную сторону. А может быть, Марс загораживает ее от нашего взора?

Да нет, что за чужь? При чем здесь Марс? Здесь что-то другое. Но что?

А может быть, ее вообще нет, этой планеты? И весь этот фокус с находкой Тициуса—Боде действительно случайность?

А жаль. Ей-богу, жаль! Да и, потом, Уран все-таки открыли. А ведь он отстоит от Солнца на 3 миллиарда километров!

Нет, надо искать.

Думаю, что похожие мысли одолевали многих астрономов. Не могли не одолевать. История показывает, как мало удается сделать в науке тем, кто не путался в сетях сомнений, для кого не служил путеводным маяком хоть слабый проблеск надежды.

Конечно, в качестве иллюстрации к этой мысли хотелось бы выложить исторический факт торжества надежды над сомнением. Но, увы! На этот раз — мимо.

Ни одному из наших оптимистов, несмотря на невероятные усилия, бессонные ночи, круги под глазами, не удавалось «поймать» таинственную планету. Вот так. И правило Тициуса—Боде было, и надежда была, и сомнения, и вера в конечный успех, а вот самого успеха все не было и не было...

Удача далась в руки тому, кто ее меньше всего ждал. Хотя справедливости ради надо отметить, что счастливец оказался не случайный прохожий, а преданнейший астрономии человек, который даже в новогоднюю ночь предпочел небесные наблюдения застольному торжеству.

Итальянский астроном Джузеппе Пиацци в ночь с 31 декабря 1800 года на 1 января 1801 года, занимаясь наблюдениями звезд для составляемого им каталога, обнаружил, что одна из них изменила свое положение по сравнению с положением, в котором она находилась прошлой ночью.

Можно смело предположить крайнее удивление Пиацци и даже без особого риска угадать первую фразу:

— Che cosa é questo? (Что такое?!)

Столь прыткой звезды просто не может быть. Хотя звезды постоянно находятся в движении и перемещаются в пространстве друг относительно друга со скоростями в несколько десятков километров в секунду, мы этого не замечаем.

Все звезды расположены от нас на таких чудовищных расстояниях, что их видимое положение практически не меняется.

Вот вам пример. Уникальная звезда Барнарда, имеющая наибольшую из известных угловую скорость движения, смещается за целый год лишь на угол $0,0023^\circ$! Конечно, нам она кажется абсолютно неподвижной.

Все дело в расстоянии до звезд. Так, самая близкая к нам звезда (не считая, конечно, Солнца) Проксима Центавра отстоит от нас на расстоянии 43 000 000 000 000 километров!

Эта вереница нулей написана здесь для встряски воображения. Иногда от эмоционального и откровенного «Ого!» больше пользы, чем от сдержанного и многозначительного «М-м-м».

Конечно, это расстояние можно записать как $4,3 \cdot 10^{13}$ км. Но вообще-то расстояния до звезд очень

сложно и неудобно измерять в километрах, можно просто «утонуть» в бесчисленных нулях или «сломать ногу» в показателях степени. Расстояния до звезд и галактик принято измерять в световых годах или, еще чаще, в парсеках. Световой год равен расстоянию, которое свет, обладающий скоростью 300 000 км/с, пробегает за один год. Это составляет $9,46 \cdot 10^{12}$ км или почти 10 000 миллиардов километров. 1 парсек равен 3,26 светового года или $3,086 \cdot 10^{13}$ км.

Кстати, современными наблюдательными средствами удастся зарегистрировать свет, идущий от звезд, находящихся на расстояниях в миллиарды световых лет!

Так что Джузеппе Пиацци было от чего прийти в волнение. Впрочем, это душевное состояние вскоре его покинуло. Итальянский астроном понял, что открыл не звезду-скалоход, а планету.

Но удивительное дело, блеск планеты составил только седьмую звездную величину, т. е. по блеску она была слабее Юпитера почти в 6000 раз!

Чтобы подобные оценки блеска вы умели делать сами, давайте познакомимся с методом установления блеска небесных объектов, а затем продолжим наше повествование.

Наследие Гиппарха

Блеск звезд, планет, спутников и других небесных объектов определяется их звездной величиной. Обратите внимание, что в данном случае слово «величина» не надо отождествлять со словом «размер». Итак, блеск звезд принято оценивать в звездных величинах. При этом чем ярче звезда, тем меньше ее звездная величина.

Что делать? Такая система сложилась еще во II веке до н. э., и астрономы ни за что не хотят ее менять.

Автором системы является древнегреческий астроном Гиппарх из Никеи. Из той самой Никеи, слава о которой через много лет, уже в XIII веке н. э., раскатилась по всей Малой Азии.

В 1204 году под ударами крестоносцев пал волшебный город Константинополь — столица процветающей Византии, а за ним и другие многочисленные княжества и зѣмли. И лишь Никейская империя не пропустила врага в свои владения. Мало того, спустя 57 лет именно император Никеи Михаил VIII штурмом взял Константинополь и вернул Византийской империи былое величие

почти на 200 лет, вплоть до рокового нашествия ту-
рок...

Однако для нас с вами Никея интересна тем фактом, что здесь более двух тысяч лет назад родился блестящий астроном по имени Гиппарх. Покинув родной город, он отправился в долгое путешествие по суше и по морю и наконец обосновался на острове Родос в Эгейском море и с этого момента посвятил свою жизнь беззаветному служению науке.

Наследие его многообразно, хотя от него не осталось почти никаких рукописных трудов. Именно Гиппарх дал теоретическое объяснение неравенства четырех времен года на Земле, ввел географические координаты, определил параллакс Луны и расстояние до нее, усовершенствовал тригонометрию.

Обнаружение Новой звезды в 134 году до н. э. в созвездии Скорпиона, отсутствовавшей в имевшихся звездных каталогах, побудило Гиппарха к созданию нового каталога. Около 1000 звезд занес в него великий астроном, и, кстати, это его творение в течение шестнадцати столетий считалось венцом такого рода работы! Труд над составлением каталога вылился еще в два выдающихся следствия. Первое — по разным каталогам положения некоторых звезд Гиппарх обнаружил, что расстояние от точек равноденствий до звезд медленно, но непрерывно меняется. Точками весеннего и осеннего равноденствий называются воображаемые точки пересечения на небесной сфере линий эклиптики и небесного экватора, происходящего ежегодно 20 или 21 марта и 22 или 23 сентября. Это поразительное явление носит название прецессии.

Второе — в ходе работы над каталогом великий грек придумал систему звездных величин, которой астрономы пользуются и по сей день.

Если блеск двадцати самых ярких звезд на небе сложить и сумму разделить на двадцать, т. е. определить средний блеск этих звезд, то он как раз будет соответствовать первой звездной величине ($+1^m$).

Звезда первой величины (1^m) (обычно в случае положительных звездных величин знак «+» опускается) в 2,512 раза ярче звезды второй величины (2^m), в $2,512 \times 2,512 = 6,31$ раз ярче звезды третьей величины (3^m), в 100 раз ярче звезды шестой величины (6^m) и т. д. Таким образом, каждая последующая звездная величина указывает на изменение блеска в 2,512 раза по сравнению с предыдущей.



Сам Гиппарх для проведения наблюдений имел в своем распоряжении один-единственный инструмент — острые глаза. Поэтому он мог систематизировать по блеску лишь доступные глазу звезды.

Звездные величины наиболее ярких небесных объектов отрицательны. Например, Арктур — ярчайшая звезда в созвездии Волочаса — имеет звездную величину ($-0,06^m$), Сириус (созвездие Большого Пса) — ($-1,43^m$), Юпитер — ($-2,4^m$), Венера — ($-4,3^m$), Луна — (-12^m), Солнце — (-27^m).

Кстати, почему в системе звездных величин фигурирует такое некруглое число 2,512?

А просто так условились. Это оказалось очень удобным, потому что это число есть корень пятой степени

из ста, $\sqrt[5]{100}$, и его десятичный логарифм равен точно 0,4. Запомните, разница в 5 звездных величин означает отличие в блеске в 100 раз.

Звезды разного блеска создают разную освещенность в зрачках наших глаз, на эмульсиях фотопластинок, на катодах фотоэлектрических приборов. Попробуем более наглядно пояснить, что такое освещенность.

Представьте себе, что вы вечером заглянули в дневник, чтобы освежить в памяти последовательность завтрашних уроков, и в это время погас свет во всем микрорайоне. Вы зажигаете спичку и при ее свете с некоторым трудом различаете свои собственные записи. Досадуя на себя, вы достаете сразу три спички и зажигаете их, чиркнув одновременно тремя головками о коробок. Теперь прекрасно видны милые сердцу строчки, и вы с ужасом замечаете, что совершенно забыли подготовить задание по физике.

Итак, зажигая спички, вы обратили внимание, что одна спичка осветила страницу дневника слабее, чем три. А это значит, что три спички создали большую освещенность дневника, чем одна спичка.

Звезды ведут себя аналогично спичкам: более яркие создают большую освещенность, менее яркие — меньшую. Конечно, освещенность, создаваемая звездами, ни в какое сравнение не идет с освещенностью, которую создают зажженные спички. Автор одного рассказа написал о том, что герой, получив долгожданное письмо от любимой девушки, прочел его при свете сияющей Веги! Вега хоть и является самой яркой звездой в созвездии Лиры, тем не менее неспособна создать освещенность, достаточную для чтения писем, даже от любимых девушек.

Давайте выберем на небе две звезды. Одна, более яркая, имеющая звездную величину m_1 , пусть создает освещенность E_1 , а другая, более слабая (m_2), создает освещенность E_2 . Тогда в соответствии с нашими рассуждениями о звездных величинах мы можем написать

$$E_1/E_2 = 2,512^{-(m_1-m_2)}. \quad (1)$$

Возьмем для примера $m_1=1^m$, а $m_2=6^m$ и найдем отношение E_1/E_2 :

$$E_1/E_2 = 2,512^{-(1-6)} = 2,512^5 = 100.$$

Так и должно быть. Мы уже говорили, что разница

в 5 звездных величин означает различие в блеске, или освещенности, в 100 раз.

Те из вас, кто уже знаком с десятичными логарифмами, могут прологарифмировать выражение (1):

$$\lg(E_1/E_2) = -(m_1 - m_2) \lg 2,512 = -0,4(m_1 - m_2). \quad (2)$$

Отсюда можно найти разность звездных величин

$$m_1 - m_2 = -2,5 \lg(E_1/E_2). \quad (3)$$

Множитель 2,5 образовался при делении 1 на 0,4.

Так сколько же их?

Итак, после этого небольшого ликбеза вернемся к планете, открытой Пиацци. Вы помните, что блеск ее составлял всего 7^m . В то же время блеск Юпитера составляет $(-2,4^m)$. Согласно формуле (1),

$$E_1/E_2 = 2,512^{-(2,4-7)} = 2,512^{9,4} = 5757.$$

Новая планета оказалась слабее Юпитера в 5757 раз, хотя расположена к нам намного ближе!

Становилось ясно, что планета имеет чрезвычайно малые размеры. Она была названа Церерой в честь древнеримской богини плодородия. По современным данным поперечник Цереры равен 1000 километров, т. е. в 13 раз меньше поперечника Земли и в 143 раза меньше поперечника Юпитера!

В 1802 году была открыта «сестра» Цереры Паллада, а еще через 2 года — Юнона, и еще через 3 года — Веста. Все эти планеты были названы астероидами — «звездopodobными», а пространство между орбитами Марса и Юпитера, в котором они обитают, поясом астероидов.

К 1860 году были открыты уже 62 астероида.

В начале 90-х годов прошлого столетия немецкий астроном Макс Вольф стал широко применять фотографию для поиска новых астероидов. Как он это делал?

Давайте вспомним, как работает телескоп. Труба телескопа наводится на объект, скажем, на ту самую Вегу. Чтобы наблюдать ее долгое время, в течение часа или двух, необходимо, чтобы объект все время находился в поле зрения телескопа. Это не просто сделать. Представьте себе, что вы катаетесь на карусели. Вы счастливы, но нет поблизости ни одного знакомого, кто мог бы оценить

степень вашего «карусельного» счастья. Такая досада! И вдруг, о радость! Мимо идет ваш одноклассник, вы зовете его, но очень шумно и он не слышит. А карусель уносит вас по дуге, и вы, чтобы не потерять товарища из виду, поворачиваете голову в его сторону и усиленно машете ему рукой.

Вот точно так по дуге Земля в своем суточном вращении переносит телескоп, и, чтобы звезда оставалась все время в поле его зрения, нужно непрерывно поворачивать телескоп в сторону, противоположную вращению Земли.

Если это удастся сделать, то в течение всего времени наблюдений все звёзды, попавшие в поле зрения телескопа, не уйдут из этого поля зрения. Осуществляется такое наведение с помощью специального механизма вращения, который часто называют часовым механизмом, поскольку он работает по принципу механических часов.

За 1 час звезды смещаются на 15 градусов. В этом вы легко можете убедиться, если отметите положение какой-либо звезды в двух точках на небе, соответствующих моментам наблюдения, скажем в 10 и 11 часов вечера местного времени, а затем измерите угловое расстояние между этими точками с помощью самодельного угломера, сделанного из транспорта, — оно окажется равным 15° .

Можно получить эту величину и теоретически. Поскольку Земля делает один полный оборот вокруг своей оси за 24 часа, а звезда за это время «описывает» полный круг, т. е. 360° , то, деля 360° на 24 часа, получаем 15 градусов в час.

Именно с такой скоростью, 15 градусов в час, должен вращаться телескоп, чтобы звезды не уходили из его поля зрения в течение всего времени наблюдения. Если в процессе наблюдения в фокальной плоскости окуляра телескопа расположить не глаз, а фотопластинку, то на ней запечатлится участок звездного неба, и изображения звезд будут в виде точек (рис. 1).

Естественно, если при фотографировании звезд таким образом в поле зрения телескопа окажется самолет, спутник, метеор или какой-то другой подвижный объект, след его на фотопластинке будет запечатлен в виде линии, или трека (рис. 2).

Именно это имел в виду Вольф, приступая к поиску астероидов. При длительных экспозициях звездного неба астероид, если он окажется в поле зрения телескопа, даст изображение в виде черточки или линии. Это



Рис. 1. *а* — Созвездие Большой Медведицы, сфотографированное с помощью часового механизма (звезды в виде точек). *б* — то же созвездие, сфотографированное без применения часового механизма (звезды в виде дуг)

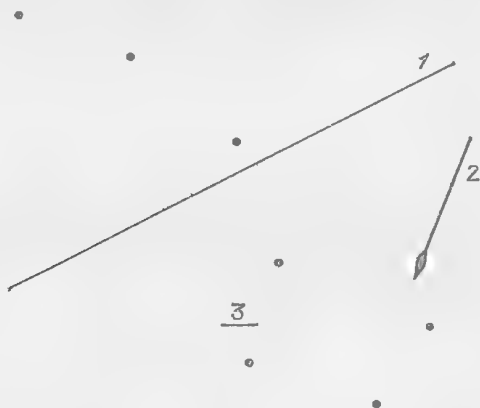


Рис. 2. На фоне точечных изображений звезд легко обнаружить не звездные объекты: след искусственного спутника Земли (1), метеор (2), астероид (3)

произойдет вследствие собственного движения астероида среди неподвижных звезд.

Вольф свято верил в плодотворность своего метода и был вознагражден. Только он один обнаружил около 600 новых астероидов!

К 1938 году общее число открытых астероидов достигло 1500. Вообще говоря, особую ценность представляют так называемые нумерованные астероиды. Для них

удается вычислить орбиту, т. е. весь путь движения астероида вокруг Солнца. Сейчас общее число нумерованных астероидов превышает 2500. Почти все они имеют собственные имена.

Может возникнуть вопрос: а кто присваивает астероидам имена? Конечно, люди, их открывшие. Так было в прошлом веке, так происходит и сейчас. Вы помните, что первые астероиды были названы именами римских и греческих богинь: Церера, Паллада, Юнона, Веста. Эту красивую традицию первооткрыватели решили не нарушать. В дальнейшем вновь открытые астероиды нарекались исключительно именами богинь, сначала римских и греческих, затем скандинавских, ближневосточных и др. Однако астероиды «посыпались» как из рога изобилия, и вскоре «кладовая» богинь иссякла. Пришлось использовать имена богов мужского рода. Традиция нарушилась, но что делать, если реальных малых планет оказалось значительно больше, чем придуманных богинь.

Но и боги-мужчины тоже проблему не решили. Запас их тоже скоро иссяк, нужно было срочно «опускаться с неба на Землю». Тем более, что опыт уже был.

Еще на заре охоты за астероидами, в 1850 году, английский астроном Д. Хинд астероиду № 12 дал имя английской королевы Виктории. Представляете, в какое неловкое положение он поставил чопорное общество туманного Альбиона? С одной стороны — нарушение святой святых Ее Величества Традиции, с другой — нарушение во славу Ее Величества Королевы, здравствующей и процветающей. Откуда было знать Хинду, что правление Виктории замкнет Гайнверскую королевскую династию, состоявшую из четырех королей Георгов, одного Вильгельма и самой Виктории (1814—1901). Тем более, что сама королева, по-видимому, готова была смотреть на факт нарушения традиции сквозь пальцы. В итоге победили реалии: традиция все-таки вещь формальная, некоторые отклонения ей особенно не повредят, а вот самолюбие королевы весьма польстит вознесение ее имени на небо.

Кроме того, в распоряжении Хинда имелся еще один козырь. В римской мифологии Викторией звалась богиня победы. Таким образом, наиболее консервативные поборники непоколебимости традиций могли в душе считать, что на самом-то деле никакого нарушения традиции не произошло. Тем более, что следующий, тринадцатый по счету астероид получил имя богини Эгерии.



Кстати, традиция имела еще одну сомнительную сторону: астероидам вообще не давали мужских имен независимо от того, принадлежали они богам или людям. Поэтому, когда имена богинь иссякли и первооткрыватель хотел посвятить свой астероид выдающемуся мужчине, он феминизировал его имя. Так, астероид № 981 в честь героя кубинской революции Хосе Марти был назван Мартиной. Астероид № 1000 назвали Пиацция в честь открывателя Цереры, № 1001 — Гауссия в честь великого математика Карла Фридриха Гаусса. Астероид № 852, посвященный В. И. Ленину, был назван первооткрывателем С. И. Белявским Владиленой.

Но наше бурное своевольное время сломало жесткие рамки «небесного классицизма»; астероиды, открытые в

последние десятилетия, назывались именами крупных ученых, писателей, общественных деятелей. Среди них Гагарин, Королев, Высоцкий и многие другие. Некоторые первооткрыватели посвящают открытые астероиды своим близким. Например, существует астероид Витя.

Иногда с большим трудом открытые астероиды вдруг терялись. Их не удавалось обнаружить в течение многих лет. Наблюдалась и обратная картина: 5—6 астероидов, открытых в разное время, на самом деле оказывались одним и тем же объектом.

Вы, конечно, понимаете, что такого рода казусы происходят из-за очень малого блеска большинства астероидов. Мало того, что их очень трудно отыскать среди множества звезд, но и провести соответствующие измерения координат и по ним вычислить орбиты — тоже труд казторжный. За кажущейся простотой охоты за астероидами скрываются не только радость победы, но и зачастую горечь разочарования и ошибок. Впрочем, никакой вид творчества от этого не застрахован. Много могли бы рассказать по этому поводу наши известные энтузиасты и тонкие специалисты «астероидного дела» ленинградские астрономы Николай Степанович Черных и Людмила Ивановна Черных. Их деятельность неразрывно связана с Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР, где они проводят свои наблюдения.

Белые вороны

Ну, так, все это хорошо, а где же Икар? Где этот возмутитель спокойствия, угрожавший нашему благополучию? И, кстати, каким это образом астероид, «живущий» в пространстве между орбитами Марса и Юпитера, мог угрожать столкновением с Землей? Земля не может проникнуть в пояс астероидов, а астероиды не выходят за пределы орбиты Марса. В чем же дело?

Действительно, подавляющее большинство астероидов «прописаны» на своей «исконной» территории. Однако еще в 1873 году был открыт астероид Аэрта. Когда астрономы вычислили его орбиту, они были поражены результатами. Оказалось, что ее перигелий находился внутри орбиты Марса. Это значит, что часть орбиты Аэрты «выбралась» из пояса астероидов. Но ведь этого не может быть. По-видимому, в расчетах была допущена ошибка. Хорошо бы еще раз провести как можно более

тщательные наблюдения, пересчитать орбиту и восстановить истину. Иначе рушится вся картина.

Действительно, в пространстве между Марсом и Юпитером в течение целых тысячелетий никто не видел никаких планет. И вот согласно эмпирической формуле Тициуса — Боде именно в этом пространстве должна быть планета. Ее ищут и — о, чудо — находят! Ну, прямо детективная история! Однако планета очень мала. Разочарование? Ни в коем случае, оказывается, небесных малюток очень много. Просто новый поворот детективного сюжета. Малые планеты сыплются на алтарь науки, как из рога изобилия. И все они «днюют и ночуют» в поясе астероидов. Конечно, все это загадочно, но мы уже начинаем к этой загадке привыкать. И вдруг эта Аэрта с ее аномальной орбитой. Нет, конечно, здесь что-то не так. Скорее всего, просто ошибка. Надо побыстрее ее устранить и не отвлекаться на фантазии.

Но детектив есть детектив. Его повороты непредсказуемы. Аэрту пронаблюдать второй раз не удалось. Астероид был потерян. Надо же, какое невезенье! А ведь так всегда хочется довести дело до логического конца, чтобы даже в мыслях к нему не возвращаться. Казалось бы, чего проще: тщательно провели наблюдение, как можно точнее определили необходимые данные и вычислили орбиту. Орбиту, которая заняла бы свое законное место. Но, вот — не судьба.

Досадная загадка астероида Аэрты всплыла лишь через 50 лет, когда ее обнаружили вновь. Ну, наконец-то! Однако орбита, вычисленная теперь, не отличалась от той, которая была рассчитана полвека назад.

Но к этому времени Аэрта была уже не единственной «белой вороной». Было установлено, что у нескольких ее собратьев орбиты заходили внутрь орбиты Марса. Значит, все-таки новый поворот в детективном сюжете. И сразу множество вопросов. Что делают эти «паломники» вдали от своей «общины»? Что заставило их уединиться? Имеют ли они генетическую связь с поясом астероидов или это представители из «красной небесной книги»? Ведь если это не исключение, а правило, то какой-нибудь лихой путешественник и до орбиты Земли доберется.

Действительно, в 1898 году был обнаружен очень слабый объект, перемещавшийся среди звезд значительно быстрее, чем любой ранее обнаруженный астероид. Расчеты показали, что диаметр астероида не превышает

25 километров, а сам он движется на расстоянии около 22 миллионов километров от Земли!

Напомним, что Марс приближается к Земле в эпохи великих противостояний на 55 миллионов километров. Значит, «нормальные» астероиды всегда должны располагаться значительно дальше. А этот малыш подобрался

почти в три раза ближе к Земле. Когда вычислили его орбиту, оказалось, что он вообще «бездомный» — афелий его орбиты даже не достигал кольца астероидов, а перигелий приближался к орбите Земли. Таинственный объект получил имя Эрос.

Новый детективный персонаж вошел в историю в 1911 году. Был открыт астероид Альберт, подходивший к орбите Земли почти так же близко, как и Эрос, но при этом его афелий находился на 180 миллионов километров дальше, чем кольцо астероидов!

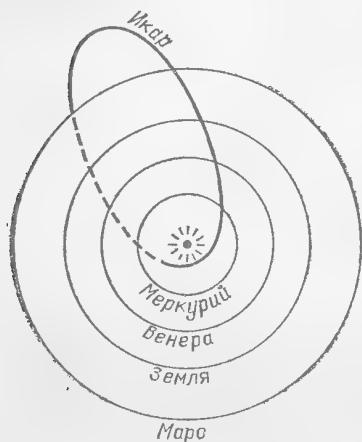


Рис. 3. Орбита Икара

После этого страшные астероиды стали «попадаться» не очень часто, но достаточно регулярно.

В 1949 году был открыт, наконец, Икар. Номер этого астероида 1566. В своем кругосветном вояже он всякий раз настолько близко подходит к Солнцу, что проникает внутрь орбиты Меркурия! К Солнцу Икар приближается на расстояние в 28,5 миллионов километров. Его поверхность на солнечной стороне раскаляется до такой степени, что, будь на ней цинковые или свинцовые горы, они растеклись бы расплавленными ручьями. Температура поверхности Икара превышает 600°C !

Посмотрите на рис. 3, где изображена орбита Икара. В период между 1949 и 1968 годами Икар подошел близко к Меркурию, который своим гравитационным полем чуть-чуть изменил орбиту прыткого астероида. Расчеты австралийских астрономов показали, что это «чуть-чуть» может надолго запомниться обитателям Земли: при следующем сближении Икара с нашей планетой в 1968 году

он рухнет в Индийский океан в районе африканского побережья! Ни много ни мало!

За год до предполагаемой «катастрофы» автор этих строк находился в командировке в Республике Сомали (то самое восточное побережье Африки) и имел возможность познакомиться с широкой «икаровой» прессой различных африканских стран. Так, один итальянский журналист сокрушался по поводу судьбы морского космодрома Италии под названием Сан-Марко, размещенного в Индийском океане в нескольких километрах от побережья Кении. Этот плавучий космодром только-только начал функционировать...

Впрочем, повод для беспокойства был не только у итальянского журналиста. Перспектива «купания» Икара в Индийском океане многих и менее экспансивных людей не оставляла равнодушными. Ведь Икар — крошка по астрономическим меркам, а результат его визита в масштабах наших представлений был бы эквивалентен по мощности варыву около 1000 водородных бомб! Вообразите теперь состояние некоторых читателей, которых их любимые газеты развлекали такого рода оценками.

Сенсационные результаты австралийских коллег перепроверили советский астроном Н. А. Беляев и американец С. Херрик, после чего человечество успокоилось. Оказывается, Икар действительно тесно должен сблизиться с Землей. Но эта теснота сугубо астрономическая. В момент максимального сближения оба небесных тела будут разделены «всего лишь» 6 миллионами 360 тысячами километров. А у астрономов 6 миллионов километров — не расстояние!

14 июня 1968 года в 22 часа 30 минут по московскому времени Икар действительно прошел мимо Земли, как было предсказано. Его даже наблюдали астрономы-любители с помощью небольших любительских телескопов, благо двигался он в это время на фоне знакомых звезд Большой и Малой Медведиц. Сегодня каждый из вас, найдя на небе эти созвездия, может представить себе, как маленький космический «прыщик» 11-й звездной величины катился по небу, ехидно подмигивая царям природы! Кстати, понтонный космодром Сан-Марко по сей день исправно функционирует. С него регулярно отправляются в космос на работу итальянские, английские и небольшие американские спутники...

Эхо Троянской войны

Но вернемся на 85 лет назад. В 1904 году был открыт еще один необычайный астероид, названный Ахиллом. Поражала его орбита, практически совпадающая с орбитой небесного гиганта — планеты Юпитера. Разумеется, Ахилл не был в дальнейшем обделен вниманием исследователей. Ведь без ответа оставался вопрос: что заставило Ахилла покинуть родной пояс астероидов (если, конечно, местом его рождения действительно был пояс астероидов) и переселиться так далеко, и не куда-нибудь, а именно на орбиту Юпитера?

Со временем ситуация обострилась. Были открыты еще около 20 астероидов, также облюбовавших для постоянного жительства орбиту Юпитера. При этом выяснилось, что таинственные переселенцы живут там двумя обособленными колониями. Астероиды первой колонии, в число которых входит и Ахилл, движутся вперед Юпитера, как бы составляя авангард его охраны. Члены второй колонии следуют позади «владыки», замыкая небесный кортеж.

Обе группы были названы «троянцами» в честь участников знаменитой Троянской войны, описанной Гомером в бессмертной «Илиаде». Древний город Троя, раскинувшийся на территории современной Турции, был обнесен могучей стеной и представлял собой неприступную крепость. Десять лет ахейский царь Агамемнон пытался завоевать Трою. Длительная осада Великого города не приносила успеха. Город не сдавался. Его невозможно было взять силой, решили попробовать хитростью.

Агамемнон собрал самых талантливых мастеровых среди своих подданных и приказал им построить огромного деревянного коня на колесах. Внутри этой необычной игрушки были оборудованы специальные ниши, в которых разместились греческие воины. Ночью греки подкатили коня к воротам Трои.

Когда первые лучи утреннего солнца позолотили небо, осажденные пришли в изумление. Прямо против ворот стоял гигантский конь, и прохладный ветерок ласково трепал его искусственную гриву. Постарались греческие мастера. Красавец-конь вызвал немало толков в осажденном городе. Целый день толпились люди на крепостных стенах, изнемогая от любопытства. Разведчики, посланные командованием, подтвердили первое впечатление о необычайном сооружении: уникальный конь — произве-

дение искусства, созданное из дерева, дорогих тканей с тонкими красками, одухотворенное талантом художников и выдающихся мастеров. Военного значения не имеет, скорее всего, это дар Агамемнона героической Трое.

Решено было дар принять. Так гигантский конь оказался в самом сердце Трои, на городской площади. Нескончаемым потоком до самой темноты ходили вокруг него восхищенные троянцы. Наконец город затих. Троя видела свой последний сон. Глубокой ночью гигантское чрево коня распахнулось, и сорок десантников, перебив охрану, отомкнули ворота ипустили в город греческих завоевателей. Троя была разрушена...

Вот такая сказочная, хотя и печальная история. А может, и не история вовсе, а выдумка. Может быть, не было никакого Троянского коня, да и самой Трои никогда не было? Мало ли что можно придумать.

Но вот в 1870 году при раскопках холма Госсарлык немецкий археолог Генрих Шлиман обнаружил древнюю Трою. Исследования показали, что около 1260 года до н. э. Троя пахотилась в продолжительной осаде и в конце концов была разрушена до основания. Так что великий Гомер познакомил нас с историческим фактом...

Но вернемся к астероидам. Группа Ахилла, в которую входят астероиды Агамемнон, Аякс, Гектор, Дномед, Нестор, Одиссей и другие «греки», так и названа «греками». Вторая группа с Анхизом, Патроком, Приамом, Энеем и множеством других названа «троянцами».

Взгляните на рис. 4. Не правда ли, изящная картинка? В центре Солнце, вокруг него орбиты Марса и Юпитера, и ровно на 60° по ту и другую сторону от самого Юпитера расположились два «враждующих» лагеря. Вот такой вереницей «греки» — Юпитер — «троянцы» и движутся по одной и той же орбите вокруг Солнца. При этом Юпитер выполняет великую миротворческую миссию, не давая сблизиться двум «армиям» и затеять повторную истребительную «Троянскую войну».

Шутки шутками, а удивительная правильность небесного ромба (рис. 4) просто поражает! Какая тонкая закономерность лежит в основе этой геометрии? Доступна ли она нашему пониманию? Ведь посмотрите, и «греки» и «троянцы» находятся в вершинах двух правильных треугольников. Почему?

В начале XVII века немецкий астроном Иоганн Кеплер установил три закона движения планет, носящие его имя. Формулировка их удивительно проста и лаконична:

- 1) каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце;
- 2) радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает равновеликие площади;

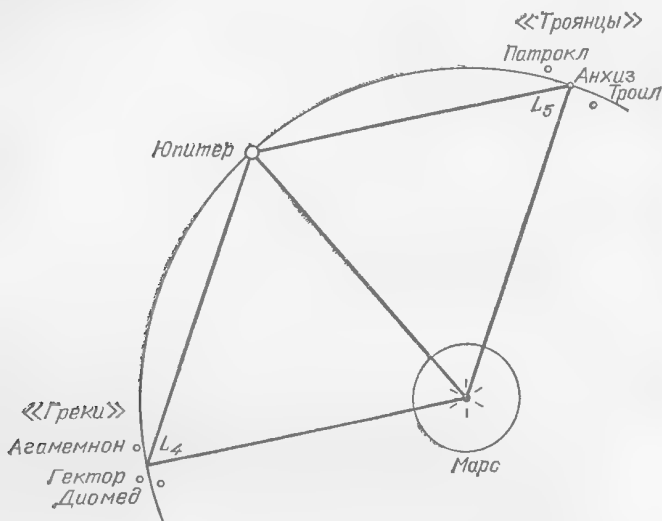


Рис. 4. Изумительный по своей правильности небесный ромб: Солнце — «греки» — Юпитер — «троянцы»

3) квадраты времен обращения планеты вокруг Солнца (квадраты периодов) относятся как кубы больших полуосей орбит.

Фундаментальная глубина этих законов была до конца понята на основе закона всемирного тяготения, открытого Исааком Ньютоном.

Внешняя простота законов Кеплера была обусловлена тем, что они описывали взаимодействие только двух тел, а именно Солнца и планеты, без учета влияния остальных тел Солнечной системы, поскольку это влияние для таких случаев чрезвычайно мало.

Однако если рассматривать движение астероида вокруг Солнца, то может оказаться, что влияние таких «важных лиц» Солнечной системы, как гигант Юпитер, окажется существенным. В таком случае для описания движения астероида необходимо рассматривать взаимодействие трех тел: Солнца, Юпитера и астероида. В не-

бесной механике подобное рассмотрение называется решением задачи трех тел.

Еще за полвека до открытия первого астероида французский астроном Жозеф Лагранж исследовал некоторые особые варианты задачи трех тел, в частности Солнца, планеты и малого тела. Ему удалось выявить поразительную закономерность, а именно: в системе трех тел, связанных друг с другом силами тяготения, существуют пять точек, в которых силы, действующие на малое тело, уравниваются.

Может ли такая закономерность быть справедливой для случая астероидов? Может. Из исследования Лагранжа вытекает, что если первое тело имеет крошечную массу по сравнению с массами двух других тел, а масса второго меньше 0,04 массы третьего тела, то все они будут вращаться вокруг общего центра масс, и при этом их расположение друг относительно друга останется неизменным. Это условие в нашем случае соблюдается с избытком: массы астероидов ничтожны по сравнению с массами планет, а масса Юпитера составляет 0,001 массы Солнца.

Итак, «тройные» находятся в двух из пяти лагранжевых точек, L_4 и L_5 , являясь вершинами равносторонних треугольников, у которых в двух остальных вершинах расположены Солнце и Юпитер. Каждая сторона этих гигантских треугольников составляет 5,2 астрономические единицы или 780 миллионов километров!

С Земли удастся наблюдать лишь самые крупные астероиды этих групп, размеры которых несколько больше 100 километров, подавляющая же их часть — это многочисленные мелкие астероиды, не доступные наблюдениям.

История открытия «тройных» и объяснения их биографии просто восхитительна! Вы уже не раз имели возможность убедиться, как трудно обнаружить астероиды. И тем не менее наблюдательным путем удалось выявить эти в общем-то экзотические группы астероидов, и не просто выявить, но еще и теоретически обосновать закономерность существования таких групп. А ведь сам Лагранж, получивший свое решение задачи трех тел, не верил в его реализацию в природе. Он получил эстетическое наслаждение от самого процесса творчества, от красоты решения, как он полагал, чисто математической идеализированной задачи. Но поистине, ни одно красивое творение не бывает бесполезным!

Небесные правила «уличного» движения

Когда было определено достаточно много орбит астероидов, выявилась следующая загадочная закономерность. Оказывается, пространство в поясе астероидов заполнено веществом неравномерно. Взгляните на рис. 5. На нем видны области сгущения, концентрации орбит (темные кольца) и области разрежения, в которых

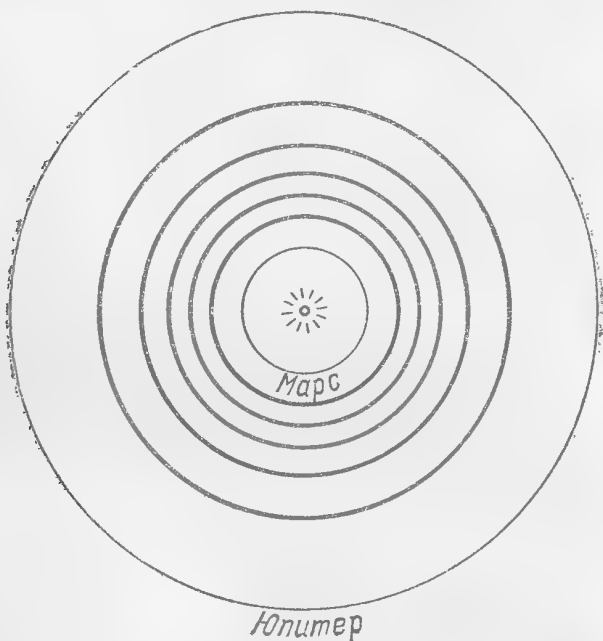


Рис. 5. Области большой концентрации орбит астероидов (темные кольца) отделены друг от друга люками Кирквуда (масштаб для наглядности не соблюден)

астероиды отсутствуют. Поразительно, но астероиды по какой-то причине избегают этих областей!

Впервые эти «запретные зоны» обнаружил американский ученый Джон Кирквуд, поэтому они называются люками или окнами Кирквуда. Что же явилось причиной такой избирательной политики в заселении пояса астероидов? Неужели опять Юпитер? Представьте себе — опять он. Своим гравитационным притяжением он «раз-



решает» движение астероидов только в определенных областях пространства. Прямо небесные правила уличного движения! И надо сказать, очень жесткие.

Люки Кирквуда можно проиллюстрировать с помощью диаграммы. Для этого введем новое понятие — среднесуточное движение.

В общем-то лишь ничтожная часть астероидов имеет вытянутые или, как их еще называют, аномальные орбиты (Икар, Аэрта, Альберт и др.). Большинство же астероидов подобно планетам обладают орбитами почти круговыми. Время, за которое небесное тело делает один оборот вокруг Солнца, называется периодом обращения. При этом оно описывает полную окружность, содержащую, как известно, 360° , или более миллиона угловых секунд ($1,296 \cdot 10^6''$).

А что такое среднесуточное движение? Это расстояние в угловых единицах, которое проходит планета на небосводе за одни сутки. Поскольку период обращения Земли вокруг Солнца составляет в среднем 365,25 суток, среднесуточное движение равно $360^\circ / 365,25 \approx 0,9856^\circ$ в сутки.

суточное движение Земли будет равно $1,296 \cdot 10^6'' : 365,25 = 3548''$.

Период обращения Юпитера равен 11,86 земных лет, т. е. один оборот вокруг Солнца он делает за $365,25 \times 11,86 = 4331,865$ земных суток, и, следовательно, среднесуточное движение Юпитера составляет $1,296 \cdot 10^6'' : 4331,865 = 299''$.

Легко сообразить, что среднесуточное движение любого небесного тела можно получить при делении $3548''$ на период обращения этого тела, выраженного в земных

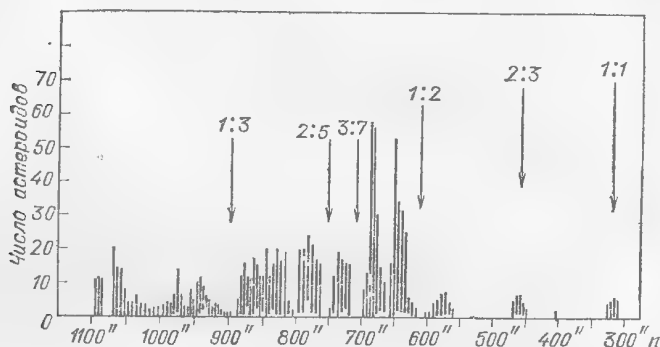


Рис. 6. Распределение числа астероидов в зависимости от среднесуточного движения

годах. Для Юпитера оно равно $3548'' : 11,86 = 299''$. Период обращения Марса составляет 1,88 земного года, и, следовательно, его среднесуточное движение равно $3548'' : 1,88 = 1887''$.

Таким образом, чем короче период обращения тела, тем больше его среднесуточное движение, и наоборот.

Взгляните на рис. 6. В месте, соответствующем значению среднесуточного движения Юпитера $300''$, расположилась группа «троянцев». Кстати, для краткости среднесуточное движение обозначим символом n . Так вот, в следующем интервале n от $300''$ до $400''$ астероиды отсутствуют. Затем в месте, чуть большем $400''$, находится один-единственный астероид Туле. И вновь «провал» до значения $n = 450''$, где 15 астероидов составляют обособленную группу Гильды.

Давайте найдем отношение среднесуточного движения

Гильды n_{Γ} к среднесуточному движению Юпитера $n_{\text{Ю}}$:

$$n_{\Gamma}/n_{\text{Ю}} = 450''/300'' = 3:2,$$

т. е. за то время, когда Юпитер делает два оборота вокруг Солнца, группа Гильды успевает сделать ровно три.

Из рис. 6 видно, что в точках при значениях $n=600''$, $750''$, $900''$, в которых отношения n к $n_{\text{Ю}}$ составляют соответственно $2:1$, $5:2$, $3:1$, астероидов практически нет. Могучий Юпитер за время существования пояса астероидов «снял» астероиды с этих «запрещенных» орбит и «пересадил» на другие, более устойчивые.

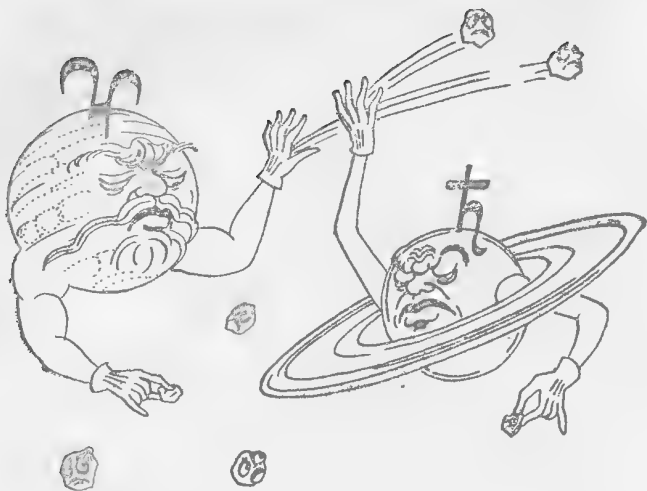
Поразительно, что Кирквуд открыл люки еще в 1866 году, когда были известны всего лишь 88 астероидов. За сто с лишним лет после этого были обнаружены тысячи новых астероидов, но закономерность, установленная Кирквудом, сохранилась.

В тех случаях, когда значения среднесуточных движений небесных тел относятся друг к другу как простые целые числа, например $2:3$, $1:2$ и т. д., их орбиты называются соизмеримыми. Оказывается, в Солнечной системе наблюдается большое количество таких соизмеримостей. Например, значения среднесуточных движений Юпитера и Сатурна относятся как $2:5$, Плутона и Нептуна — как $3:2$.

Расположение астероидных люков регламентируется Юпитером — ближайшей планетой-гигантом. А вот, любопытно, какие порядки установлены в пространстве между орбитами двух планет-гигантов — Юпитера и Сатурна?

Представим себе, что в этой области тоже образовался пояс астероидов, причем все члены пояса равноправны и равномерно распределены в указанном пространстве. Какова была бы судьба такого пояса? Оказывается, в очень короткий срок разыгралась бы космическая драма. Планеты-гиганты, «не договорившись» между собой, выбросили бы 85% всех астероидов из общей зоны своего влияния уже за 6000 лет! Срок по астрономическим меркам чудовищно короткий.

Могли бы сохраниться лишь две группы астероидов, расположенных на расстояниях от Солнца 6,8 и 7,5 астрономической единицы. Первая группа соответствует соизмеримостям среднесуточных движений Юпитера и Сатурна, т. е. $3:2$ и $3:5$, а вторая — соизмеримостям $7:4$ и $7:10$. В данном случае эти соизмеримости соответствуют устойчивым орбитам астероидов, сумевших удовлетворить «амбициям» и Юпитера, и Сатурна.



Мало того, исследования привели к следующему поразительному выводу: если бы в пространстве между орбитами Юпитера и Сатурна существовали астероиды с массами Земли, Марса или Венеры, то всего через несколько тысяч лет (!) они были бы выброшены за пределы этого пространства. Вот какие гигантские возможности таят в себе большие планеты. Именно они формируют стратегию существования более мелких тел Солнечной системы.

41 год назад был открыт астероид Торо, и с тех пор после каждого очередного успешного наблюдения он обрстал массой удивительных подробностей. В 1972 году было обнаружено, что Земля, Венера и Торо «небезразличны» друг другу, поскольку астероид близко подходит к обеим планетам. Перигелий его орбиты располагается между орбитами Земли и Венеры, а афелий чуть дальше орбиты Марса.

Размеры орбит Торо, Венеры и Земли таковы, что за то время, пока астероид сделает 5 оборотов вокруг Солнца, наша планета их сделает 8, а Венера — целых 13. Соизмеримости 5 : 8 движения Торо с движением Земли должно было бы соответствовать среднесуточное движение $n = 2217,62''$, а соизмеримости с движением Венеры 5 : 13 — $n = 2218,34''$.

Однако величина n у Торо меняется за 100 лет от $2215,0''$ до $2222,0''$. Оказывается, планеты раскачивают

его орбиту, «играя» между собой в пинг-понг. Сначала Венера делится с астероидом энергией, улучшая соизмеримость с Землей, затем Земля возвращает долг вежливости, улучшая соизмеримость с Венерой.

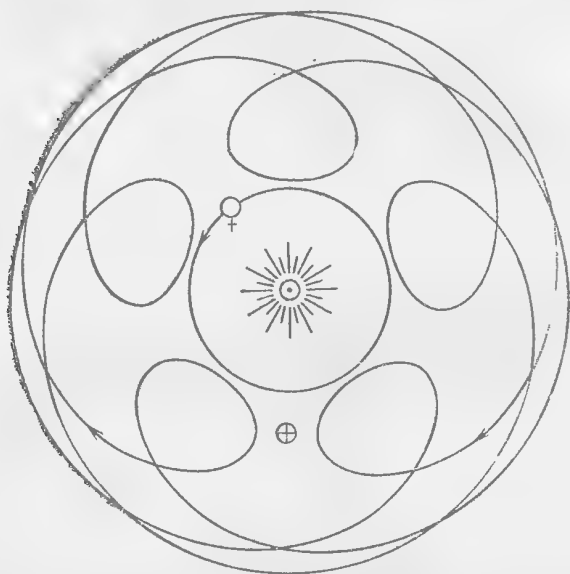


Рис. 7. Проекция траектории Торо на плоскость эклиптики в системе координат, вращающейся с Землей

Посмотрите, какие удивительные кружева рисует природа, если траекторию астероида спроецировать на плоскость эклиптики в системе координат, вращающейся с Землей вокруг Солнца! Подобный же небесный орнамент был бы виден, если бы мы воспользовались другой системой координат, вращающейся вокруг Солнца уже с Венерой (рис. 7).

Удивительному астероиду посвятил поэтические строки А. В. Бялко — автор известной вам книги «Наша планета — Земля» (М.: Наука, 1989.— Библиотечка «Квант», вып. 29) *):

Автограф Торо строг и строен
И пятикратно повторен,
Эскорт планет проходит строем
Простор времен...

*) Советуем также познакомиться со статьей: Бялко А. В. Торные тропы Торо.— Квант, 1983, № 12, с. 20.

Не могу удержаться, чтобы не обратить ваше внимание на еще один пример изящной соизмеримости. Это кольца Сатурна.

На заре исследований столь уникальной системы всерьез рассматривался вопрос о том, что кольца — это твердые тонкие диски или даже жидкие образования. Однако вскоре было теоретически доказано, что и в том и другом случаях кольца не могли бы долго существовать. Их в очень короткое время разрушили бы сильные гравитационные возмущения, порожденные экваториальной частью планеты. В конце концов тонкие спектральные наблюдения колец с Земли показали, что вокруг

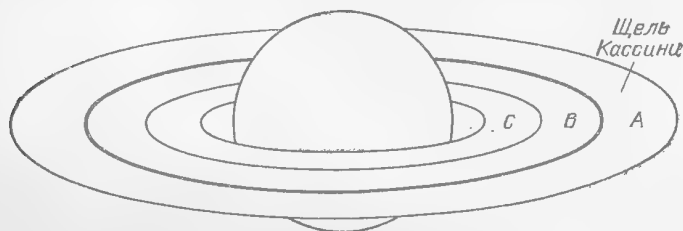


Рис. 8. Кольца Сатурна: В — самая яркая часть колец; она отделена от более темного кольца А щелью Кассини; С — креновое кольцо

Сатурна движутся скопления огромного множества мельчайших тел, причем каждое тело — по своей индивидуальной орбите. Вот такой своеобразный пояс «астероидов» принадлежит лично Сатурну. Эти выводы получили блестящее подтверждение после полетов вблизи Сатурна космических аппаратов «Пионер-11» и «Вояджер-1».

Так вот, в поясе Сатурна четко видны щели, разделяющие кольца. Возможно, вам приходилось слышать о знаменитой щели Кассини, разделяющей кольца А и В (рис. 8). Образование щелей связывают с влиянием трех ближайших спутников Сатурна, а именно Мимаса, Энцелада и Тефии, «исполняющих обязанности» Юпитера в обычном поясе астероидов. Прямо какие-то наместники Юпитера в вотчине его соседа!

Щель Кассини находится на таком расстоянии от Сатурна, на котором частицы кольца имели бы средние движения, в два раза большие, чем средние движения Мимаса, в три, чем Энцелада и в четыре, чем Тефии. Щель между кольцами В и С находится на расстоянии, на ко-

тором среднее движение частиц в три раза больше, чем среднее движение Мимаса.

Таким образом, очень похоже, что щели в кольцах Сатурна — это те же люки Кирквуда в поясе астероидов.

Наблюдаются соизмеримости и в системах спутников планет. Прекрасная иллюстрация — четыре галилеевых спутника Юпитера: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. Со времени их первого наблюдения Галилеем в 1610 году эти спутники уже более 370 лет находятся «под контролем» астрономов. За это время спутники совершили почти 100 тысяч оборотов вокруг Юпитера, не нарушив своих соизмеримостей.

А вот и Фазтон!

Однако вернемся к поясу астероидов. Помните, с чего все началось? С правила Тициуса — Боде, с поиска недостающей планеты, с обнаружения Цереры и тысяч крупных и мелких астероидов. И уже на заре всех этих событий ученых интересовал вопрос, как же образовался этот поразительный «шлейф» малых планет. Если заглянуть в табл. 1, то видно, что правило Тициуса — Боде говорит нам о том, что пятая планета должна была бы находиться на расстоянии 2,8 а.е. от Солнца. Так может быть, такая планета действительно существовала? Не тысячи и миллионы мелких астероидов, а одна большая, нормальная планета?

Но почему ее нет сейчас? Возможно, произошла чудовищная космическая катастрофа, в результате которой пятая по счету планета погибла, взорвалась, распалась, и лишь бесконечное множество ее осколков остались немymi свидетелями страшной трагедии.

Впрочем, немymi ли? Да ни в коем случае! Пояс астероидов — это уникальная подсказка природы, помогающая подобрать ключи к решению проблемы о механизме образования планет.

Еще известный немецкий астроном и врач Генрих Ольберс, открывший Палладу и Весту, высказал гипотезу о существовании когда-то планеты. От чудовищного внутреннего или внешнего удара планета взорвалась, породив тучи астероидов и космической пыли.

По греческой мифологии сын бога солнца Гелиоса Фазтон вывел без спроса золотую колесницу своего отца, запряженную парой огнедышащих коней, и устроил шумные катанья. Носясь с бешеной скоростью, олимпийский

лихач не справился с управлением на каком-то небесном вираже и разбился вдребезги вместе с дорогой колесницей и чудо-рысаками. Именно поэтому гипотетическая планета названа Фазтоном.

Сто пятьдесят лет гипотеза Ольберса о Фазтоне будоражила умы людей. Возможно, и вам симпатична мысль о том, что некогда существовала пятая планета, которую постигла такая необычная участь. Однако не будем спешить.

Мы уже знаем, что определенные группы астероидов имеют сходные орбиты. Логично предположить, что если астероиды возникли в результате разрушения планеты при столкновении или при взрыве, то их орбиты должны были бы пересекаться в той точке пространства, в которой произошла катастрофа. Ведь именно из этой точки веером или параллельным потоком устремились продукты распада в самостоятельный путь вокруг Солнца. Однако такой точки в поясе астероидов не существует.

Вот досада! Но не надо отчаиваться. Не исключено, что могучий Юпитер растрепал остатки планеты до такой степени, что орбиты потеряли свой первоначальный вид. Но даже если это так, сторонникам Фазтона придется преодолеть еще немало порогов и подводных камней. Мы вернемся к этой проблеме после того, как обсудим некоторые нюансы внутреннего «общегития» в поясе астероидов.

В процессе этого общегития происходят взаимные столкновения малых планет, в результате которых оба столкнувшихся тела дробятся на более мелкие осколки. Путем несложных рассуждений мы убедимся, что с течением времени частота взаимных столкновений возрастает.

Если в поясе астероидов движутся два тела с радиусами R_1 и R_2 , то вероятность их взаимного столкновения пропорциональна сумме их поперечных сечений: $\pi R_1^2 + \pi R_2^2$. Пусть после столкновения каждый из астероидов раздробился на 8 одинаковых осколков. Обозначим радиусы образовавшихся осколков через r_1 и r_2 . Запишем условия равенства объемов первоначальных тел и образовавшихся осколков:

$$\frac{4}{3} \pi R_1^3 = 8 \left(\frac{4}{3} \pi r_1^3 \right),$$

$$\frac{4}{3} \pi R_2^3 = 8 \left(\frac{4}{3} \pi r_2^3 \right),$$

откуда получим

$$r_1 = R_1 \sqrt[3]{\frac{1}{8}} = \frac{1}{2} R_1,$$

$$r_2 = R_2 \sqrt[3]{\frac{1}{8}} = \frac{1}{2} R_2.$$

Вероятность дальнейшего столкновения между любыми двумя из образовавшихся 16 осколков пропорциональна сумме всех их поперечных сечений:

$$8\pi \left(\frac{1}{2} R_1\right)^2 + 8\pi \left(\frac{1}{2} R_2\right)^2 = 2(\pi R_1^2 + \pi R_2^2).$$

Вы видите, что эта величина в два раза больше, чем сумма поперечных сечений двух первоначальных астероидов, т. е. частота столкновений возросла. Можете себе представить, какие разрушительные процессы протекают в поясе астероидов. По образному выражению немецкого астрофизика А. Унзольда, «пояс астероидов — это каменистая Солнечной системы!»

Часть космического щебня, образовавшегося в астероидной дробилке, разлетается «по белу свету» и достигает орбиты Земли. Влетая в атмосферу нашей планеты с огромными скоростями, мелкие осколки астероидов сгорают в ней дотла, а остатки более крупных достигают земной поверхности. Такие космические «гостинцы» называются метеоритами. К большому удовольствию ученых, которые собирают и изучают метеориты, количество небесных камней, выпадающих на Землю, достаточно велико. Ежегодно падают несколько сотен тонн метеоритов, которые могут быть найдены. Однако из них почти 75% падают в моря и океаны, а подавляющая часть «сухопутных» метеоритов — в ненаселенные или почти ненаселенные районы. И тем не менее коллекции многих стран весьма представительны. Это уникальный материал, доставляемый в физические и химические лаборатории самой природой. В тех случаях, когда удавалось наверняка определить орбиту найденного метеорита, она однозначно указывала, что объект исследования прибыл из пояса астероидов.

Таким образом, при решении вопроса о происхождении пояса астероидов нужно в первую очередь привлечь прямые и косвенные сведения, доставляемые нам именно метеоритами.

Еще в 50-х годах нашего столетия против трогательной гипотезы Ольберса о Фазтоне появились первые, но убедительные возражения, основанные как раз на данных о метеоритах. Во-первых, было показано, что метеориты неоднородны по химическому составу и, во-вторых, что они никак не могут быть продуктами разрушения большой планеты, подобной Земле или Марсу, поскольку тогда они ни за что не смогли бы сохранить свою кристаллическую структуру. В недрах массивной планеты такая структура неминуемо была бы разрушена. Наконец, очень тонкие, безупречные в методическом плане физико-химические исследования структуры, состава и других характеристик метеоритов вообще привели к выводу, что метеоритное вещество могло формироваться и прийти к сегодняшнему состоянию только в небесных телах астероидных масс и размеров.

Что случилось с динозаврами?

В начале 70-х годов была предпринята попытка спасти гипотезу о Фазтоне. Была вычислена его гипотетическая масса и показано, что разрушение произошло около 16 миллионов лет назад. Осталось дело за малым — установить причину взрыва. Тщательно были проанализированы все возможные источники энергии, способные реально привести к катастрофе такого масштаба. И оказалось, что их энергия в тысячи и десятки тысяч раз слабее необходимой. Оставалось одно — «идти на поклон» к всемогущему Юпитеру. И что же? Неужели он? Да, представьте себе. Оказалось, что тесное сближение с этим гигантом могло бы привести к разрушению Фазтона.

Ага! Наконец-то! Решающий аргумент? Последняя капля?

Как бы не так! Если бы такое сближение произошло, то оно было бы роковым для Фазтона, но не осталось бы без последствий и для самого Юпитера. Система его галилеевых спутников была бы искорежена возмущениями до такой степени, что на ее восстановление даже гигант Юпитер затратил бы 2 миллиарда лет! А мы оперируем датой катастрофы всего 16 миллионов лет назад... Да, по-видимому, и для многих форм жизни на Земле такая катастрофа в Солнечной системе не прошла бы бесследно. Дело нешуточное.

Против разрушения массивной планеты, да к тому же

произошедшего всего 16 миллионов лет назад, есть еще аргумент. Падения крупных осколков астероидов на Землю завершаются образованием кратеров на ее поверхности. Наша планета хранит на своем теле немало гигантских космических ран, называемых астроблемами. Так, на территории нашей страны крупнейшая астроблема обнаружена недалеко от устья реки Попигай на севере Сибири. Исследования показали, что астроблема возникла при падении астероида диаметром в несколько километров 30 миллионов лет назад. При этом образовался кратер чудовищных размеров — поперечник его составлял около 100 километров! Со временем кратер постарел, разрушился, был затянут наносами и окончательно потерял свой некогда впечатляющий вид. Кстати, на одной из таких затянутых временем астроблемах стоит город Калуга. Из тех астроблем, которые выявлены сейчас, многие чрезвычайно стары: возраст некоторых из них достигает 700 миллионов лет!

Вы, вероятно, слышали, дорогие читатели, что 65 миллионов лет назад на Земле произошло нечто труднообъяснимое. В результате какого-то грозного и, по-видимому, внезапного события вымерли целые виды животного мира. Навсегда исчезли динозавры, летающие ящеры и другие «сказочные» представители фауны. Эпоха вымирания продолжительностью всего около 200 лет уничтожающим смерчем пронеслась по временной шкале нашей планеты. Осадочные породы океанических отложений, сформировавшихся в то время, дают нам документальные подтверждения скоротечности драматизма смертоносного события.

Гипотезы, объясняющие причину столь необычной катастрофы, нагромождались одна на другую — от достаточно правдоподобных до самых фантастических. Здесь и внезапное наступление ледникового периода, и даже смена полюсов магнитного поля Земли! Очень интересна гипотеза о гибели динозавров вследствие взрыва сверхновой звезды. Факт наблюдения такого явления сравнительно редок. Так, история донесла до нас сведения из Древнего Китая о наблюдении в созвездии Тельца «звезды-гостыи». Эта звезда, вспыхнувшая внезапно, пылала на небе ярче Венеры. После ее угасания на месте взрыва сверхновой образовалась знаменитая Крабовидная туманность, которую вы можете увидеть в телескоп. Следующая сверхновая наблюдалась в эпоху царствования Ивана Грозного в 1572 году в созвездии Кассиопеи, и последняя сверхно-



вая, которую можно было свободно видеть невооруженным глазом,— в 1604 году в созвездии Змееносца. Взрывы сверхновых — это взрывы такой чудовищной силы, что их светимость внезапно возрастает в миллиарды раз! Можете себе представить, какую энергию выделяют при этом такие звезды. В нашей Галактике известно около 100 остатков сверхновых звезд, являющихся до сих пор мощными источниками излучения различных типов.

А в феврале 1987 года вспыхнула сверхновая звезда в одной из ближайших к нам галактик — Большом Магеллановом Облаке. К огромному сожалению, Магелланово Облако не видно в северном полушарии, и мы с вами

оказались лишь символическими свидетелями появления «звезды-гостьи» в соседней галактике. Жителям южного полушария в этом смысле больше повезло. Сверхновая вспыхнула 180 тысяч лет назад, и только сейчас свет ее вспышки достиг Земли: так далеко расположена одна из ближайших к нам галактик.

Вспышки сверхновых порождают мощнейшие потоки гамма-излучения, губительного для живых организмов. Таким образом, если 65 миллионов лет назад где-то поблизости от Солнечной системы произошел взрыв сверхновой и атмосфера Земли не справилась со своими защитными функциями и пропустила часть смертоносного излучения к земной поверхности, то от лучевой болезни должны были погибнуть не только динозавры, но и большинство других обитателей планеты.

Однако нас с вами больше всего заинтересует одна из последних гипотез, родившаяся в мозговом центре группы американских ученых, возглавляемой Луисом Альварезом. При исследовании слоя глины, относящегося к эпохе описанной катастрофы, было обнаружено повышенное содержание иридия, химического элемента VIII группы Перио-



— Батя, это что, сверхновая получится?
— Ты поджигай быстрее, да ноги в руки. Эта штукovina так рванет — за сотни парсек достанет!

дической системы Менделеева, относящегося к платиновым металлам. Иридий имеет рекордную плотность 22,4 г/см³. В жизни нам практически не приходится встречаться с этим уникальным элементом. Исключение, пожалуй, составляют обладатели лучших в мире авторучек: их вечные перья изготавливаются из сплавов, содержащих иридий.

Иридия на Земле чрезвычайно мало, поэтому любая жила в породе с избытком иридия хронологически сопоставима с эпохой поступления этого редкого металла из космического пространства. Астероиды богаты этим замечательным элементом, и поэтому вполне правомерно предположение, что источником иридия в период катастрофического исчезновения динозавров мог быть астероид. Тем более, что метеориты — эти осколки астероидов — всегда содержат иридий. Таким образом, предполагается, что астероид поперечником около 10 километров врезался в Землю, и в результате чудовищного взрыва в атмосферу поднялись тысячи кубических километров образовавшейся пыли. Эта страшная туча на несколько лет преградила доступ солнечным лучам, и в результате наступившей вселенской тьмы на Земле прервался процесс живительного фотосинтеза. Наступил мировой голод. Практически все позвоночные массивнее 20—30 килограммов погибли голодной смертью.

Как видите, и эта драматическая версия опровергает гипотезу о Фазтоне. Если пятая планета взорвалась 16 миллионов лет назад, то откуда же взялся астероид, упавший на Землю 65 миллионов лет назад?

**Стакан спирта и капля масла
или что-то другое?**

Итак, если Фазтона не было, то как быть с правилом Тициуса — Боде, а главное, как тогда образовались астероиды?

Чтобы хоть как-то ответить на этот вопрос, придется очень бегло осветить вопрос вопросов: а как возникла Земля? Как вообще возникла Солнечная система? Не будем обольщаться, окончательного ответа еще нет, но правдоподобные гипотезы, подкрепленные многочисленными конкретными свидетельствами, существуют.

Еще в 1796 году французский математик Пьер Лаплас научно обосновывал гипотезу о том, что планеты образовались из газового облака. В процессе вращения вокруг

своего центра масс облако стало сжиматься под действием собственного тяготения и по мере сжатия регулярно сбрасывало с себя верхнюю оболочку в виде концентрических колец. В дальнейшем каждое кольцо конденсировалось в планету, а оставшаяся внутренняя часть облака сформировалась в Солнце. Лаплас демонстрировал «отделение» будущих планет от Солнца следующим образом. В сосуд со спиртом опускалась капля масла, нанизанная на иглу. Лаплас начинал быстро вращать иглу, и от капли последовательно отделялись мелкие капельки. Стакан спирта и капля масла — вот вам и модель Солнечной системы!

Гипотеза Лапласа жила достаточно долго, но при более глубоком анализе в ней обнаружилось несколько изъянов, в частности, неясно было, почему Солнце вращается слишком медленно.

Очень интересная гипотеза была развита английским астрофизиком Джеймсом Джинсом. Согласно ей мимо Солнца прошла другая звезда и своим гравитационным полем вытянула из нашего светила часть вещества в форме веретена. Звезда удалилась, а веретено осталось и начало закручиваться вокруг Солнца. При этом оно распалось на несколько частей, каждая из которых стала впоследствии планетой. Крупнейшие планеты Юпитер и Сатурн оказались именно там, где была самая толстая часть веретена. Однако и здесь наступило разочарование, поскольку такая модель противоречила многим астрофизическим данным, на которых мы не будем подробно останавливаться.

Еще одна «звездная» гипотеза была предложена также английским астрофизиком Фредом Хойлом. Когда-то Солнце не было так одиноко, а соседствовало с другой звездой — своей компаньонкой. Все было прекрасно до тех пор, пока вдруг соседка не взорвалась как сверхновая. Под действием реактивной силы взрыва остаток звезды улетел в межзвездное пространство, оставив на память Солнцу часть сброшенной оболочки, из фрагментов которой образовались планеты. Но и эта красивая гипотеза не выдержала критики.

Достаточно долго существовала гипотеза советского астронома Отто Юльевича Шмидта о захвате Солнцем роя холодных тел, из которых «слепились» планеты. Однако всех проблем и она не решила.

Современная модель происхождения Солнечной системы предполагает одновременное образование Солнца и

планет из огромной массы газа, состоящего преимущественно из водорода. Ее называют солнечной туманностью. Под действием гравитационных сил газовая туманность сжималась таким образом, что центральная область ее становилась наиболее плотной. Именно там возникло Солнце, повлиявшее на дальнейшую судьбу всего облака. Комбинированное воздействие гравитационных сил и солнечного излучения разрушило первоначальную структуру облака. В нем появились разрежения и сгущения (протопланеты), захватывающие все попадающее на их пути вещество. Именно из наиболее массивных протопланет образовались планеты. При этом на Солнце уже зажегся ядерный реактор, пережигаящий водород в гелий. Таким образом 4,6 миллиарда лет назад Солнечная система сформировалась такой, какую мы с вами сейчас наблюдаем.

Астероиды — остатки промежуточных тел, из которых создавались планеты, сохранились до нашего времени. Они так и не сумели сформироваться в планету из-за близости массивного Юпитера. Планета-гигант своим воздействием увеличивала относительные скорости астероидов и довела этот процесс до такого состояния, что кинетическая энергия астероидов превысила гравитационную, а в таких условиях они уже не могли «слипаться» при встрече. Наоборот, каждое столкновение вело к взаимному дроблению, а не объединению.

Так бесславно заканчивается столь многообещающая поначалу гипотеза о Фазтоне. Это не должно вас огорчать. В конце концов наше близкое знакомство с могуществом Юпитера — достаточно весомая компенсация за это разочарование. И кроме того, правило Тициуса — Боде еще никем теоретически не обосновано. Может быть, в его точном решении астероиды изначально предусмотрены? Стоит об этом подумать, а?

ГОСТИ С ПЕРИФЕРИИ

«Тихие звезды»

При желании каждый человек может без труда наблюдать невооруженным глазом различные небесные объекты: Солнце, Луну, звезды, планеты, метеоры — «падающие звезды». Даже полет искусственного спутника Земли — явление для нас нередкое. Стоит лишь не полениться и, гуляя по вечерам, временами поглядывать на небо.

А вот комету большинство обитателей Земли не видели никогда. Тому причиной два фактора. Во-первых, появление на небе достаточно ярких комет — явление действительно редкое. Во-вторых, комета в отличие, например, от метеора не проносится по небесному своду, привлекая к себе внимание, а устраивается среди звезд и ведет себя настолько «тихо», что заметить ее могут лишь астрономы-профессионалы или очень дотошные любители. Но и тех и других в мире очень мало. Может быть, вы, дорогие читатели, пополните их ряды?

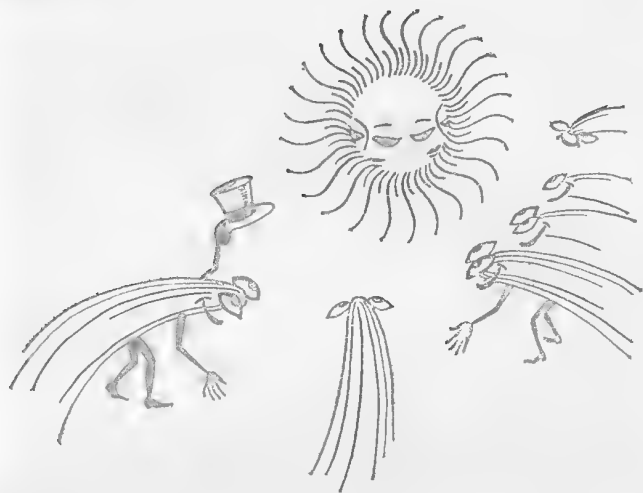
Как же выглядит комета на небе?

В отличие от мерцающих звезд и четко очерченных планет комета выглядит как туманное светящееся пятнышко. Это пятнышко называют головой кометы. Если кометы очень яркие и их без труда можно наблюдать невооруженным глазом, то они всегда имеют светящиеся длинные хвосты. Именно поэтому их называли «кометы», что в переводе с греческого означает «хвостатые звезды» (рис. 9).

Как выглядят слабые кометы, едва различимые глазом или практически невидимые, можно установить, анализируя их фотографии, полученные с помощью больших телескопов. Эти кометы также имеют едва заметные короткие хвостики. Однако все кометы, и яркие, и слабые, когда уходят очень далеко от Солнца, выглядят как едва



Рис. 9. Комета Мркоса 1957 V. Хорошо видны хвосты кометы



заметные туманные пятнышки с размытыми краями. Хвосты на таких огромных расстояниях не удастся различить даже на фотографиях.

Удивительно, что хвост кометы практически всегда направлен в сторону, противоположную Солнцу. Поэтому когда комета из межпланетного пространства приближается к нашему светилу, то движется она головой вперед, как всякое создание, имеющее голову и хвост. А вот когда, обогнув Солнце, комета удаляется от него, то хвост движется впереди головы. Комета как бы подобострастно пятится, не смея показать «спину» всеильному владыке.

Голова или, как ее еще называют, кома — самая яркая часть кометы. Внутри ее предполагается твердое ядро. Размеры ядра по космическим масштабам просто ничтожны — километры или десятки километров. Сравните, например, с диаметром Луны — почти 3500 километров, или с диаметром Земли — около 13 000 километров. Мы уже не говорим о диаметре Солнца — почти 1 400 000 километров!

И вот такая крошка оказывается окруженной огромной газопылевой оболочкой, которая может достигать в поперечнике более 100 тысяч километров, а хвост может растягиваться на многие миллионы километров. Однако массы комет невелики: они не превышают одной миллионной доли массы Земли.

Предполагается, что на больших расстояниях от Солнца кометы представляют собой голые ядра, т. е. глыбы твердого вещества, состоящего из обыкновенного водяного льда и льда из метана и аммиака. В лед вморожены каменные и металлические пылинки и песчинки.

При приближении к Солнцу этот очень грязный лед начинает испаряться, создавая вокруг ядра огромную газопылевую оболочку. Под действием давления солнечного света часть газов оболочки отталкивается в сторону, противоположную Солнцу, образуя хвост. У некоторых комет эти процессы протекают настолько интенсивно, что оболочка и хвост достигают чудовищных размеров. Так, например, диаметр оболочки сверхгигантской кометы Холмса в 1882 году был равен 1,5 миллиона километров, а длина ее хвоста достигала 300 миллионов километров!

За обозримое прошлое человечества было открыто много комет. Каждая из них имеет свои особенности и, конечно, достойна нашего с вами внимания. Мы постараемся более или менее подробно познакомиться с некоторыми из них и прежде всего с кометой Галлея.

Кстати, иногда можно слышать, что эту комету открыл великий итальянский ученый Галилео Галилей. Это неверно. Комета названа по имени английского астронома, дипломата и переводчика Эдмунда Галлея.

305 лет назад 26-летний астроном Галлей обнаружил на небе очень интересную комету, которая за несколько дней сильно увеличила свой блеск. При этом хорошо был замечен длинный хвост. Галлей тщательно провел наблюдения кометы, старался не пропустить ни одного вечера. Это оказалось как нельзя кстати, поскольку комета очень быстро угасала, становясь недоступной для дальнейших наблюдений.

На свидание с Солнцем

К этому времени уже были обнаружены несколько сотен комет и предполагалось, что таинственные небесные странники приходят к нам из далеких безвестных глубин межзвездного пространства, совершая удивительное «паломничество». Они торжественно подходят к Солнцу на расстояние в несколько десятков или сотен миллионов километров, «приветствуют» его и затем пускаются в обратный путь. При этом чем дальше кометы уходили от Солнца, тем сильнее ослабевал их блеск, пока совсем не пропал. Так заканчивался каждый voyage.

Куда направлялись таинственные визитеры: искать ли другие солнца, или возвращались в какой-то давно обжитый «дом», скрытый от нашего взора далекими километрами космических расстояний? Долгое время это оставалось загадкой. Большинство астрономов предполагали, что каждая комета приходит к Солнцу лишь один раз и затем навсегда покидает его окрестности.

Однако эта мысль утвердилась не сразу. Еще Аристотель — могучий авторитет среди научного мира, задумываясь о природе комет, выдвинул гипотезу, что кометы имеют земное происхождение. Они, якобы, порождаются в атмосфере Земли, «висят» на сравнительно небольшой высоте, медленно проплывая по небу. Предполагалось, что кометы появлялись пспроста, они предшествовали различным бедствиям, которые обрушивались на людей: войнам, голоду, наводнениям, засухе и т. п. Поскольку в человеческой истории такие испытания не были редкостью, то, зачастую, действительно в год, когда появлялась какая-нибудь комета, происходили памятные события. Это еще больше укрепляло в людях убеждение, что кометы проходят достаточно близко от места бедствия.

Удивительно, что точка зрения Аристотеля господствовала около двух тысячелетий, и никакие попытки поколебать ее не давали положительного результата. Хотя некоторые ученые склонны были думать, что кометы все-таки приходят из каких-то далеких, неведомых нам глубин космического пространства. Только в конце XVI века идея Аристотеля была опровергнута. Как же это произошло?

Давайте сделаем маленький и доступный эксперимент. Возьмите карандаш, расположите его вертикально и на расстоянии вытянутой руки смотрите на него, попеременно закрывая то левый, то правый глаз. Вы заметите, что карандаш будет «прыгать» то влево, то вправо относительно предметов, находящихся за карандашом, например относительно розетки на стене. Это происходит потому, что глаза расположены на определенном расстоянии друг от друга, и, когда вы закрываете попеременно то один, то другой глаз, вы смотрите на карандаш из разных точек пространства. Такое кажущееся смещение называется параллаксом. Если же карандаш отнести на большое расстояние от глаз, то параллакс не будет заметен. Получается, что близко расположенный предмет имеет большой параллакс, а удаленный предмет имеет очень маленький параллакс, практически незаметный.



Так вот, в конце XVI века астрономы наблюдали яркую комету с двух наблюдательных пунктов, очень удаленных друг от друга. Оба пункта действовали, как «два глаза». Если бы комета находилась в атмосфере, т. е. недалеко от наблюдателей, то должен был бы наблюдаться параллакс: с одного пункта комета должна быть видна на фоне одних звезд, а с другого — на фоне других. Однако наблюдения показали, что никакого параллакса не было, и, значит, комета находилась гораздо дальше, чем даже Луна. Земная природа комет была опровергнута, что сделало их еще более таинственными. Одна тайна сменилась другой, еще более заманчивой и недоступной.

У многих астрономов сложилось мнение, что кометы приходят к нам из межзвездных глубин, т. е. не являются членами нашей Солнечной системы. Мало того, в какой-то момент даже предполагалось, что кометы приходят к Солнцу по прямолинейным траекториям и по таким же прямолинейным траекториям уходят от него.

Любопытно, что эта «прямолинейная версия» появилась, когда Кеплер уже доказал, что все планеты движутся вокруг Солнца по замкнутым эллиптическим орбитам.

Что ж, в этом состоит еще одна прелесть науки: иногда самые, казалось бы, очевидные идеи проходят мимо внимания ученых, пока вдруг кто-то из них, наиболее внимательный и смелый, не сделает решающего

шага. Хотелось бы, чтобы вы, дорогой читатель, оказались среди них.

В те далекие времена считалось, что все доселе наблюдавшиеся кометы пришли из межзвездного пространства и туда же вернулись опять.

О чем говорит орбита?

Трудно сказать, сколько времени продолжалось бы такое положение, если бы не одно важнейшее событие в истории человечества.

Гениальный естествоиспытатель, великий физик и математик Исаак Ньютон завершил выдающийся научный труд, связанный с анализом движения планет вокруг Солнца, и сформулировал закон всемирного тяготения: сила взаимного притяжения между двумя телами прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Иными словами, чем массивнее тела и чем меньше расстояние между ними, тем сильнее они притягиваются друг к другу.

Согласно этому закону природы все планеты движутся вокруг Солнца не произвольным образом, а строго по определенным орбитам. Орбиты эти представляют собой замкнутые линии. Напомним, что замкнутыми линиями являются, например, окружность, эллипс, т. е. линии у которых начала сливаются с концами.

Орбиты планет являются эллипсами. Правда, эти эллипсы не очень сильно вытянуты. Например, орбита, по которой движется наша Земля, является почти круговой.

Галлей обратился к Ньютону с предложением рассмотреть, как должны двигаться кометы в соответствии с законом всемирного тяготения. Напомним, что бытовало представление, что кометы движутся к Солнцу и от него по прямолинейным траекториям.

По-видимому, Ньютон посчитал просьбу Галлея серьезной, поскольку с большой охотой приступил к исследованиям. Согласно результатам этих исследований, кометы в зависимости от различных условий должны описывать около Солнца либо эллипс, либо параболу, либо гиперболу.

Чтобы представить себе, как выглядит парабола (если вы не помните этого из курса средней школы), нарисуйте карандашом вытянутый эллипс, затем половину

его сотрите резинкой, а две торчащие линии продолжите до края листа и представьте себе, что эти линии так и уходят в бесконечность, никогда не пересекаясь. Параболу также можно изобразить с помощью гибкого прутика ивы. Возьмите прутик двумя руками за оба конца и аккуратно, чтобы не сломать, согните его до положения, когда концы прутика станут параллельными, и после этого слегка раздвиньте — получится парабола. Теперь раздвигайте концы прутика до тех пор, пока не образуется почти прямой угол. Это будет гипербола (рис. 10).

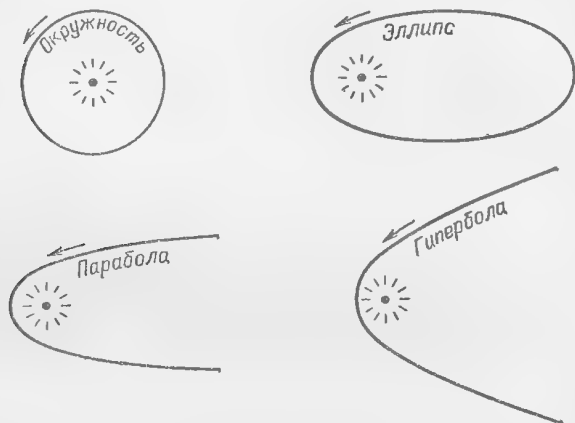


Рис. 10. Схематические изображения возможных орбит тел Солнечной системы (точных окружностей не бывает; например, орбита Земли — эллипс, но очень близкий к окружности)

Таким образом, вы видите, что в отличие от эллипса и парабола, и гипербола не являются замкнутыми линиями: их концы никогда не соединяются с пачалами.

Итак, согласно Ньютону, кометы движутся либо по эллиптическим, либо по параболическим, либо по гиперболическим орбитам, причем в фокусе каждой орбиты находится Солнце. Фокус кривой — это некоторая точка F , лежащая в плоскости этой кривой. Фокусы у парабол, гипербол и эллипсов расположены вблизи закруглений этих кривых. Очевидно, что у параболы и гиперболы имеется по одной такой точке, в ней и находится Солнце, а у эллипса таких точек две, и Солнце находится в одной из них.

Мы говорим об этом столь подробно, чтобы дать вам некоторую информацию к размышлению. Если вы сейчас отложите книжку и немного поразмышляете, то сами убедитесь, какой важный метод исследования открыл Ньютон. Астрономам достаточно вычислить орбиту кометы, и эта орбита сама «скажет», вернется ли комета к Солнцу, или навсегда покинет его.

Легко сообразить, что если орбита окажется параболической или гиперболической, т. е. незамкнутой, то комета, имеющая такую орбиту, уже никогда не вернется.

Совсем другое дело, если орбита окажется эллиптической. Поскольку эллипс — линия замкнутая, комета должна обязательно вернуться в ту точку пространства, в которой ее уже наблюдали с Земли. Когда же это произойдет? Тогда, когда комета сделает один оборот вокруг Солнца.

А сколько для этого понадобится времени? Например, Земля совершает один оборот вокруг Солнца за каждые 365 дней, т. е. за год. А Юпитер, который отстоит от Солнца намного дальше, чем Земля, совершает один оборот за 4329 дней, т. е. почти за 12 земных лет.

Сколько же времени нужно комете, движущейся по эллипсу, чтобы сделать один оборот? Это зависит от различных параметров эллипса, в частности от расстояния между его фокусами. Чем меньше это расстояние, тем быстрее комета совершит оборот вокруг Солнца.

Надо сказать, что вычислить орбиту кометы по данным наблюдений — задача очень трудная. Это прекрасно понимал Ньютон, и поэтому первую орбиту он рассчитал сам.

В те далекие времена не было ни вычислительных машин, ни микрокалькуляторов, ни даже арифмометров. Все вычисления делались вручную. Для этого составлялись специальные громоздкие таблицы, а сами вычисления могли продолжаться долгие месяцы, а иногда и годы.

Орбита кометы, которую рассчитал Ньютон, оказалась эллиптической, и он сделал вывод, что комета должна вернуться.

Каменные тропы науки

Вдохновленный научным подвигом Ньютона, Галлей стал собирать сведения о ранее наблюдавшихся кометах. Это было, конечно, очень непростое дело. Нужно было разыскать древние летописи, рукописи астро-

номов из различных стран, в которых приводились координаты комет на небе и достаточно точные данные о времени каждого наблюдения.

Галлею удалось собрать данные о многих кометах, и он приступил к труднейшей и изнурительной работе — вычислению их орбит.

К 1705 году Галлей рассчитал орбиты 20 комет, которые наблюдались после 1337 года. Но неутомимый ученый не остановился на этом. Он с великим усердием принялся анализировать результаты своего уникального труда. Каково же было его удовлетворение, когда он установил, что у комет 1607 и 1682 годов орбиты оказались удивительно похожими друг на друга.

Неужели это одна и та же комета? Если это так, то один оборот она делает за 75 лет, т. е. эта комета должна была наблюдаться и за 75 лет до 1607 года. И действительно, Галлей выяснил, что по такой же точно орбите двигалась и комета 1531 года!

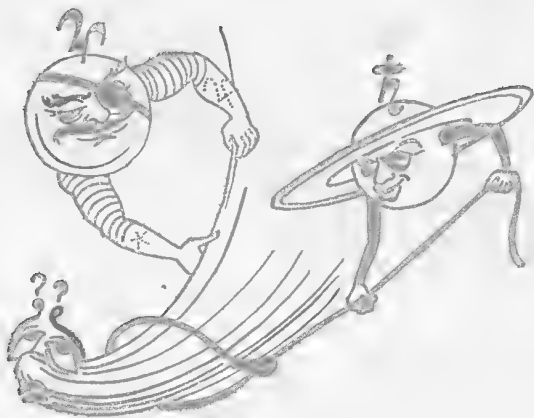
Вы уже, наверное, угадали следующий шаг Галлея? Да, раз последнее наблюдение этой кометы состоялось в 1682 году, значит очередное ее появление должно произойти через 75 лет. Именно Галлеем было предсказано, что в 1758 году комета вновь вернется к Солнцу.

Галлей не дожил до дня своего триумфа. Он скончался в 1742 году в возрасте 86 лет.

Надо сказать, что пути в науке никогда не бывают гладкими. Наоборот, они просто усеяны трудностями, противоречиями, разочарованиями, и преодолеть их не всякому под силу. Не минула чаша сия и Галлея. Еще анализируя кометные орбиты, он обратил внимание, что возвращение кометы иногда происходит не точно через 75 лет, а с разницей в несколько месяцев и даже в один год. В чем дело, ни Галлей, ни его современники точно сказать не могли. Поэтому Галлей, предсказывая появление кометы в 1758 году, не мог назвать месяц, когда комета будет хорошо видна с Земли.

И вот наступил 1758 год. Астрономы припикли к окулярам своих телескопов, надеясь первыми обнаружить комету и известить мир о том, что пришла пора взглянуть на чудо научного предсказания и воздать должное незабвенному Галлею. Но напрасны были их ожидания. 1758 год проходил, а комета не появлялась.

Что же случилось? Предсказание Галлея было ошибкой, или комета опаздывала?



Как всегда, общество разделилось на два лагеря. Бóльшая часть скептически настроенных людей, для которых безвозмездный труд астрономов казался чудачеством, если не сказать глупостью, откровенно смеялись над наивностью одураченной публики. Люди более образованные и особенно астрономы очень хотели, чтобы предсказание Галлея сбылось. Но... комета не появилась.

Что могло задержать ее в пути? По-видимому, влияние больших планет Юпитера и Сатурна — к такому мнению пришли многие ученые. Что же оставалось делать? Ждать? Ведь методов учета влияния планет на движение комет еще не было.

И вот за эту труднейшую задачу берется французский математик Алексис Клеро. По-видимому, Клеро самому не удалось бы справиться с огромной вычислительной работой, которую требовала разработка метода, но ему мужественно помогли французский астроном Жозеф Лаланд и жена известного в Париже механика и конструктора часов Николь Лепот. Несмотря на эту помощь Клеро работал чрезвычайно интенсивно, отказывая себе в полноценном сне и отдыхе, и подорвал свое здоровье. Не щадили себя и его помощники, особенно мадам Лепот. Лаланд впоследствии вспоминал, что без ее энтузиазма, самопожертвования, веры в успех нечего было и начинать это безнадежно трудное дело.

Главная трудность заключалась в том, что нужно было рассчитывать расстояния между кометой и Юпитером и Сатурном на протяжении 150 лет для несметного множе-

ства точек на орбите кометы. Ведь в каждой из этих точек сила притяжения, которая действовала на комету со стороны Юпитера и Сатурна, непрерывно менялась.

Целых шесть месяцев работали Клеро, Лаланд и Лепот, что называется, не разгибая спины. По их еще не законченным данным становилось ясно, что комета в пути, что скоро ее можно будет обнаружить.

Чтобы объявить результат работы хоть на несколько дней раньше, чем комета будет обнаружена на небе, «могучая тройка» решила провести заключительные расчеты по более грубому методу. И 15 ноября 1758 года на заседании Парижской академии наук был объявлен результат: комета подойдет к Солнцу на ближайшее расстояние (эта ближайшая точка называется перигелием) 13 апреля 1759 года. Из-за применения более грубого, но ускоренного метода погрешность может составлять 30 суток в ту или другую сторону.

Общество вновь всколыхнулось. Астрономы бросились к своим телескопам. Поскольку до прохождения перигелия оставалось совсем немного времени, комету, пусть еще очень слабую, можно увидеть на пути к Солнцу.

Поистине, пути науки неисповедимы! Лучшие астрономы того времени обшаривали каждый уголок небесного свода, но удача прошла мимо них, как вода через решето. Первым комету увидел никому не известный немецкий крестьянин по фамилии Палич, который в ночь под рождество 25 декабря 1758 года не танцевал и не пел вокруг елки, а внимательно всматривался в звездное небо, отыскивая небесную странницу.

Предсказание Галлея сбылось.

Через перигелий комета прошла 13 марта 1759 года — только на 32 дня раньше, чем предсказали Клеро, Лаланд и Лепот. Если вы помпите, это произошло из-за того, что метод расчета был на копечной стадии упрощен. Общественность понимала, что победа была полной.

Земля ныряет в хвост кометы

Комету наблюдали очень тщательно, стараясь получить как можно более точные данные о ее положении среди звезд и отмечая моменты времени с максимально возможной точностью, чтобы использовать полученные сведения для расчета ее следующего появления уже в XIX веке.

Комета получила имя Галлея в честь ее первооткрывателя.

Следующее появление кометы происходило, когда возможности ученых неизмеримо выросли по сравнению с наблюдениями 1758—1759 годов. Ведь 75 лет даже для темпов развития науки XVIII—XIX веков — срок немалый. Были изобретены новые, более светосильные телескопы, создана такая мощная область науки как небесная механика, благодаря которой данные о появлении кометы рассчитывались с учетом влияния не только Юпитера и Сатурна, но и всех остальных известных тогда планет: Меркурия, Венеры, Земли, Марса и Урана. Мало того, была вычислена дата прохождения перигелия, что, как мы видели, является чрезвычайно трудной задачей, а также предвычислен путь кометы на небе среди звезд. Это означало, что еще задолго до сближения кометы с Солнцем ее можно обнаружить на небе не путем долгого и «слепого» поиска, как это сделал Палич в 1758 году, а с помощью телескопа, наведенного в точку на небе, вычисленную теоретически. Именно так она была обнаружена 6 августа 1835 года.

В сентябре 1835 года известный русский астроном Василий Яковлевич Струве наблюдал очень редкое явление — комета заслонила собой далекую звезду. Если у кометы есть плотное крупное ядро, то оно должно на некоторое время заслонить от нас свет звезды. По времени «затмения» звезды можно было оценить размеры ядра кометы. Именно этого ожидал с нетерпением Струве.

Однако все произошло иначе. Звезда светила сквозь центральную часть кометы с той же силой, что и через периферийные части. На основании этих наблюдений были сделаны очень важные выводы о том, что, во-первых, вещество в голове кометы сильно разрежено и, во-вторых, что у кометы либо вовсе отсутствует твердое ядро, либо ядро имеет ничтожные размеры.

Удивлению астрономов не было предела. Природа комет стала еще загадочнее. Их даже стали называть «видимое ничто».

Прошло еще 75 лет. За этот период арсенал астрономов неизмеримо вырос. Появились новые телескопы, были выстроены прекрасные обсерватории, была открыта еще одна планета Нептун и ее влияние на движение кометы тоже было учтено.

Но, пожалуй, главным отличием от наблюдений 1835 года было применение фотографии в астрономиче-

ских наблюдениях. Комету можно было не только увидеть глазом, но и сфотографировать на крупнейших телескопах.

Итак, начало XX века. Газеты всего мира пестрят сообщениями о предстоящем появлении кометы Галлея. Ученые ждали комету с нетерпением, а многие обыватели — со страхом. Эти чувства усугублялись предсказаниями астрономов о том, что комета должна пройти между Землей и Солнцем и своим хвостом накрыть Землю, т. е. наша планета должна будет несколько часов двигаться через хвост кометы.

18 мая 1910 года Земля «нырнула» в кометный хвост. Ученые, тщательно подготовившись к этому уникальному моменту, вели активные геофизические наблюдения. Постоянно брались на анализ пробы воздуха, в различных точках на планете измерялась интенсивность свечения неба, однако никаких аномалий зарегистрировано не было. Стало ясно, что, если бы газетчики и журналисты широко не оповестили читателей о том, что ожидает Землю в ближайшее время, ни один человек не заметил бы, что Земля прошла через хвост кометы.

В тот же день, 18 мая 1910 года, произошло еще одно важное событие. Как вы помните, в это время комета проходила между Землей и Солнцем. Расстояние до кометы составляло 23 миллиона километров. Комета проходила на фоне солнечного диска, поэтому опять представилась уникальная возможность обнаружить ее ядро. Наблюдательные возможности позволяли обнаружить ядро, если оно имеет в поперечнике не менее 30 километров. В этом случае по диску Солнца должна была пройти темная точка. Но ожидания и в этот раз оказались тщетными. Ядро вновь обнаружить не удалось.

В 1910-году комета очень хорошо была видна невооруженным глазом. Ее хвост простирался по небосводу на расстояние до 60 поперечников полной Луны. Было проведено большое количество наблюдений, получено около 500 фотографий головы и хвоста кометы, а также около 100 фотографий с изображением ее спектров.

Очевидцами следующего появления кометы Галлея стали мы с вами. Кстати, это было ее 30-е появление, отмеченное в анналах истории. Комета прошла перигелий 9 февраля 1986 года. Однако подготовка к встрече с ней началась задолго до ее появления.

Бы, наверное, помните, что каждая новая встреча с кометой отличалась от предыдущей. За 75 лет астроно-

мния уходила далеко вперед, и поэтому каждый раз наблюдения были все совершеннее.

Так, появление кометы 1758 года было впервые предсказано. В 1835 году был предвычислен даже путь кометы среди звезд, что позволило обнаружить ее задолго до приближения к Солнцу. В 1910 году астрономы имели в своем распоряжении такое мощное средство наблюдения, как астрономическая фотография. Как же собирались встретить знаменитую комету ученые в конце XX века?

Расчеты показали, что, к великому сожалению, условия видимости кометы в момент ее самого близкого расположения к Солнцу будут самые худшие за все последние 2000 лет! Напомним, что условия видимости зависят от взаимного расположения Земли, кометы и Солнца.

Так вот, в феврале 1986 года это расположение оказалось очень неблагоприятным. Было известно, что Земля и комета будут расположены по разные стороны от Солнца. Комета будет проецироваться на дневное небо рядом с Солнцем и, конечно, видна не будет.

Тем не менее было ясно, что надо сделать все возможное, чтобы получить как можно больше информации.

Место встречи изменить нельзя

На 18-й Генеральной ассамблее Международного астрономического союза в Греции в 1982 году была утверждена Международная программа наблюдений кометы Галлея. Большое место в реализации этой программы было отведено советским ученым. Поэтому в нашей стране была разработана советская программа наземных исследований кометы Галлея (СОПРОГ). В наблюдениях по этой программе приняли участие все ведущие астрономические учреждения страны.

Кроме того, было принято решение исследовать комету не только всеми возможными на Земле средствами, но и направить к комете космические аппараты.

Вы, конечно, понимаете, что любой космический эксперимент — задача во всех звеньях чрезвычайно сложная. Это касается разработки проекта, конструирования аппарата и различных приспособлений, создания специальной научной аппаратуры, управления полетом, передачи информации на Землю и многого другого.

До сих пор космические миссии направлялись только к очень крупным телам Солнечной системы: к Луне, планетам Венере, Марсу, Юпитеру, Сатурну. Кометы же

очень резко отличаются от них и своими размерами, и строением вещества.

Главная задача, которую предполагалось решить с помощью космических миссий к комете Галлея, — это исследовать ее ядро и околоядерную область. Для этого надо было, чтобы аппарат прошел достаточно близко от ядра. Он должен был «найти» комету, навести на нее необходимые приборы, произвести исследования и передать результаты на Землю. Задача осложнялась еще и тем, что скорость, с которой космический аппарат и комета должны пролететь друг относительно друга, должна быть фантастической: 80 километров в секунду! Итак, всю исследовательскую программу надо выполнить без сучка и задоринки за несколько минут.

Конечно, предприятие было рискованное. Ученые должны были дать гарантию, что эти несколько минут будут плодотворными и что подготовка, на которую уйдут годы, будет оправдана.

Но посудите сами, как нелегко дать такую гарантию! Надо исключительно точно рассчитать траекторию полета космического аппарата, чтобы он, пролетев больше сотни миллионов километров, оказался в данное время в данной точке пространства. Не раньше и не позже. Именно в этом месте и ни в каком другом. Вот уж поистине, место встречи изменить нельзя!

При подлете к комете аппарат должен так сориентироваться, чтобы исследовать именно комету, а не какой-либо другой участок космического пространства. Мало того, все приборы должны быть в полном рабочем состоянии, несмотря на беспрецедентный космический полет, с оптических приборов должны автоматически сняться защитные крышки, телекамеры должны увидеть именно кометное ядро, а полученная многообразная информация должна поступить именно на Землю, а не в какую-нибудь другую область Солнечной системы.

Мы не имеем возможности поведать о тех горячих дискуссиях, которые предшествовали разработке уникального проекта. Достаточно сказать, что в такой развитой в научном и техническом отношении стране как США ученым так и не удалось добиться осуществления очень интересного проекта космического исследования знаменитой кометы. В 1981 году, когда американские ученые еще надеялись на то, что их правительство выделит средства на мирный научный эксперимент, они через крупный астрономический журнал обратились к

населению страны с просьбой организовать добровольный сбор средств в поддержку космического эксперимента. Ученые подчеркивали, что если эксперимент не состоится, то следующая возможность исследовать комету Галлея представится лишь в 2061 году! Конгресс США достаточно долго дебатировал этот вопрос, но эксперимент так и не был финансирован.

В конце концов реальными оказались пять миссий: две советские «Вега-1» и «Вега-2», «Джотто», осуществленная на средства нескольких западноевропейских стран, и две маленькие японские станции «Суисей» и «Сакигаке».

Организатором и руководителем советского проекта стал академик Р. З. Сагдеев. Проект получил название «Вега» (сокращенно от «Венера — Галлей»). Как видно из названия, объектом исследования была не только комета Галлея, но и планета Венера.

Проект предполагал три этапа исследований:

- 1) многостороннее изучение атмосферы и поверхности Венеры с помощью специальных аппаратов, осуществляющих автоматическую посадку на далекую планету;

- 2) детальное изучение закономерностей перемещения атмосферных масс Венеры с помощью аэростатов, запущенных с космического аппарата;

- 3) пролет мимо ядра кометы Галлея.

Именно этот третий этап был наиболее сложным, ответственным и необычным. Аналогов такому эксперименту в истории космических исследований еще не было.

В подготовке к эксперименту принимали активное участие ученые нескольких стран. Так, специальную поворотную платформу, на которой размещались оптические приборы, разработали советские и чехословацкие специалисты, уникальный прибор для ориентации платформы на исследуемый объект разработан советскими, венгерскими и французскими учеными. Специальный прибор для измерения температуры ядра был изготовлен во Франции. Прибор для получения спектров излучения внутренних областей головы кометы совместно разрабатывали и изготовили советские, болгарские и французские специалисты.

Кроме того, активное участие на различных стадиях разработки проекта принимали ученые из Австрии, ГДР, Польши, ФРГ.

15 декабря 1984 года автоматическая межпланетная станция «Вега-1» отправилась с космодрома Байконур в далекое путешествие. Ровно через шесть дней стартовала и «Вега-2». Их путь лежал к «сестре» Земли — планете Венера.

Лишь в июне 1985 года обе «Веги» достигли Венеры и выполнили серию необходимых экспериментов. Затем, совершив сложный маневр, станции направились к месту встречи с кометой Галлея.

Как уже говорилось, основной задачей станций было исследование ядра кометы. Поскольку скорость полета была очень большой, решено было осуществить пролет мимо ядра кометы обеих станций на расстоянии около 10 000 километров. Подходить ближе было опасно, так как ядро окружено облаком пыли. Пылинки, ударяясь со скоростью 80 километров в секунду о различные части исследовательских приборов, могли вывести эти приборы из строя еще до подлета к ядру. Так и случилось с одной из зарубежных станций, пролетевшей значительно ближе к ядру.

6 марта 1986 года станция «Вега-1» прошла мимо ядра кометы Галлея на расстоянии 8900 километров, а 9 марта «Вега-2» прошла на расстоянии 8000 километров.

Можно представить себе, какое волнение испытывали создатели проекта, когда 6 марта 1986 года наступило мгновение пролета «Веги-1» мимо ядра кометы. Ведь сигнал со станции из-за огромного расстояния поступил не сразу, а лишь через несколько минут. Эти минуты ожидания стоили, наверное, создателям не меньше, чем долгие месяцы полета.

Наконец на специальных телеэкранах появилось изображение: анализ эксперимента века начался.

Какое оно — ядро?

Даже сейчас, через многие месяцы, обработка данных, полученных в результате космического эксперимента и наземных наблюдений, продолжается. Пока можно обсуждать лишь предварительные результаты.

Прежде всего можно сказать, что ядро кометы — это монолитное тело вытянутой формы, имеющее длину около 18, ширину около 12 и толщину около 8 километров. По виду оно похоже на большую картофелину. Поверхность ядра — черного цвета и напоминает хлебную корку.

Ежесуточно ядро выбрасывает из своих недр несколько миллионов тонн водяного пара и газов и около миллиона тонн пыли. Это говорит о том, что корка имеет пористое строение, а внутри ядра содержится большое количество льда. Под воздействием солнечного излучения лед под коркой нагревается и испаряется через поры. При этом очень часто водяного пара скапливается так много, что он разрывает плотную корку и устремляется наружу. Проявление таких «кометных вулканов»

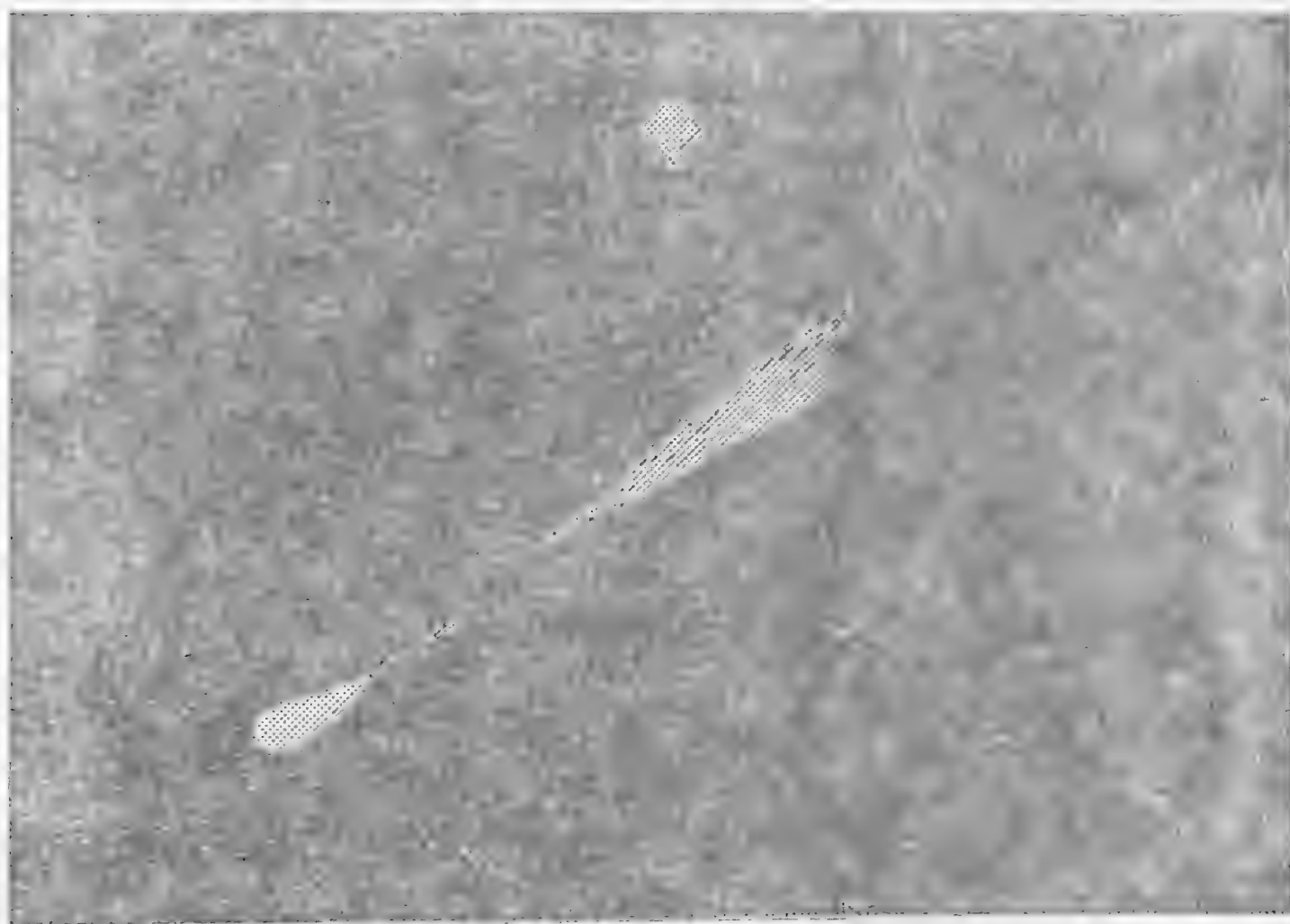


Рис. 11. Отрыв плазменного хвоста кометы Галлея (снимок получен С. И. Герасименко на 40-сантиметровом астрографе Цейса в Гиссарской обсерватории 6 января 1986 г.)

было неоднократно зарегистрировано и при наблюдениях с Земли. После каждого извержения «рана» быстро за-растала новой коркой.

Благодаря космическому эксперименту ученые впервые увидели кометное ядро, которое оказалось очень похожим на спутники Марса Фобос и Деймос, а также на малые спутники Сатурна и Урана. А это свидетельствует о том, что на заре формирования Солнечной системы кометные ядра могли образовываться в сравнительной близости от Солнца приблизительно в районе между орбитами планет-гигантов Юпитера и Нептуна. В дальней-

шем ядра будущих комет могли быть выброшены гравитационным полем планет на окраины Солнечной системы.

Как уже отмечалось, космический эксперимент успешно дополняли разносторонние наземные наблюдения и наблюдения с искусственных спутников Земли (рис. 11).



Рис. 12. Башня 4-метрового телескопа Цейса высокогорной обсерватории Санглок Института астрофизики АН ТаджССР

Так, советская астрофизическая станция «Астрон», которая уже пять лет несет научную вахту в космосе, вела систематические наблюдения кометы Галлея почти восемь месяцев с декабря 1985 года по июль 1986 года. При этом был исследован газовый состав головы кометы, сфотографировано несколько сотен спектров, был получен ответ на вопрос, как быстро теряет свою массу кометное ядро в зависимости от расстояния до Солнца. Оказалось, что каждый раз, когда комета сближается с Солнцем (через каждые 75 лет), ядро кометы теряет 370 миллионов тонн своей массы. Это не так уж много, если учесть,

что по современным оценкам масса ядра кометы Галлея составляет примерно 10 миллиардов тонн.

Однако через несколько десятков сближений кометы с Солнцем ее ядро полностью потеряет запас льда и превратится в «высохшую комету», похожую на астероид. Тогда ядро уже не будет иметь светящейся головы и



Рис. 13. 1-метровый телескоп Цейса высокогорной обсерватории Санглок Института астрофизики АН ТаджССР, с помощью которого велись наблюдения кометы Галлея

хвоста, а будет выглядеть как очень слабенькая звездочка, найти которую на небе можно будет только в очень мощный телескоп (рис. 12, 13).

Кометы, которые нам удастся наблюдать, приходят к нам с далеких окраин Солнечной системы. По сегодняшним представлениям более 100 миллиардов кометных ядер населяют эти окраины, которые отстоят от Земли в 10 тысяч раз дальше, чем Солнце.

Как уже было сказано, есть предположение, что кометные ядра образовались в одно время со всей Солнеч-

ной системой и поэтому могут являть собой образцы того первичного вещества, из которого впоследствии образовались планеты и их спутники. Свои первозданные свойства ядра могли сохранить благодаря «постоянному месту жительства» вдали от Солнца и больших планет, оказывающих огромное влияние на ближайшее окружение.

Гран мерси, мсье Мессье!

Еще в XVIII веке кометный бум привлекал внимание не только астрономов-любителей, но и профессионалов. Их очень сильно занимал вопрос, почему кометы открываются случайно? Нельзя ли выявить закономерность их появления, что называется, во времени и пространстве? Такую задачу поставил перед собой французский астроном Ж. Мессье.

Обнаружив новую комету, он собрался провести ее наблюдение по собственной специально разработанной программе. И что же из этого вышло? Мессье волновало одно обстоятельство: его комета была абсолютно неподвижна! Все доселе наблюдаемые кометы приходили и уходили, а это, точно окопавшаяся долговременная огневая точка, была привязана к определенной «звездной местности».

Изявно огорчившись, Мессье, тем не менее, продолжал поиски нормальных комет. Это занятие в те времена считалось весьма престижным, поскольку обыватель, да и не только он, действительно верил, что появление кометы — знак беды, поэтому открытие злосчастной небесной гостии — это своего рода прогноз приближающихся испытаний.

Открыв новую комету, Мессье никому об этом не сообщил. Несколько почей подряд он взирал на свою комету, и снова удивление вместе с яростью постепенно овладевали им. Комета даже не пыталась шелохнуться. Прикованная невидимыми цепями, она стояла на месте, как пограничный столб, не проявляя никаких признаков движения. Она была мертва.

Встревоженный Мессье обратился к своим коллегам, живущим в разных местах, и получил совпадающие ответы: оказывается, и в их наблюдательной практике случались подобные казусы, кометы ни в какую не хотели сниматься с насиженных мест. Причем одна из открытых Мессье комет была уже известна.

Становилось очевидным, что задаче планомерного



поиска комет природа создала естественные помехи, и если эти помехи не устранить, то кометный энтузиазм может быстро перегореть.

И вот Мессье вместо благородной и престижной деятельности, связанной с поиском хвостатых звезд, занялся рутинной работой по выявлению на небесном своде этих мешающих, неподвижных, подделывающихся под кометы объектов. Долгое время его телескоп обшаривал потаенные уголки ночного неба, «выуживая» туманные объекты. В результате Мессье составил замечательный каталог, включающий в себя 103 лжекометы. Этот каталог суще-

ствует и теперь. Им широко пользуются. Но не исследователи комет, а исследователи галактик, туманностей и звездных скоплений!

Мессье оказал неоценимую услугу астрономам. Под номером 1 в его каталог занесена знаменитая Крабовидная туманность. Этот газовый «краб» является остатком взрыва сверхновой звезды, наблюдавшейся на Земле 945 лет назад, в 1054 году. Под номером 31 числится, по видимому, хорошо известная вам Туманность Андромеды — одна из ближайших к нам галактик, масса которой составляет приблизительно 300 миллиардов солнечных масс. По отношению к Солнцу эта галактика несется в пространстве с немалой скоростью — 180 километров в секунду! Однако благодаря чудовищному расстоянию, около 700 килопарсеков, на небе она кажется абсолютно неподвижной...

После того как Мессье составил каталог «ложных» комет, ему удалось открыть 13 настоящих комет!

Под носом у Солнца

Читая о восстановлении биографии кометы Галлея, вы, возможно, задались вопросом: «А что, путь, по которому прошел Эдмунд Галлей, больше никто не повторил?» Подобные повторения были.

Немецкий астроном Иоганн Энке, что называется, повторил Галлея дважды. Вначале им была использована идея предшественника — определить параллакс Солнца по наблюдениям из разных точек земного шара прохождения Венеры по диску Солнца. При этом Энке получил поразительно точный по тем временам результат: 8,5 угловой секунды. Сравните с сегодняшней оценкой: 8,79 угловой секунды! А ведь определение Энке было проведено 220 лет назад!

А 170 лет назад немецкий астроном сделал второй шаг «по Галлею», а именно, после утомительных исследований он пришел к заключению, что кометы, открытые в 1786 году французом Мешеном и в 1819 году его соотечественником Понсом, являются одной кометой, причем кометой с уникально маленькой орбитой. Один оборот вокруг Солнца эта таинственная незнакомка делает всего за 3,3 года!

По примеру Галлея Энке стал «раскручивать картину назад» и убедительно доказал, что и кометы, наблюдав-



шиеся в 1795 и 1805 годах,— это также «одно и то же лицо», а именно комета 1819 года.

Предугадать дальнейшие действия Энке нетрудно. Он предсказал появление своей кометы в 1822 году, что блестяще подтвердилось. Она наблюдалась и была названа кометой Энке.

Последствия всей этой работы трудно переоценить. Комета Энке загадала исследователям загадку, далекую от разрешения даже в наше время. Это загадка о происхождении комет, поселившихся на всю жизнь «под носом» у Солнца. Через некоторое время стало известно, что комета Энке — не единственная короткопериодическая комета. И этот факт не дает покоя астрономам. Если происхождение долгопериодических комет еще как-то удастся объяснить (мы позже поговорим об этом подробнее), то «сломанные копья» по поводу родословных короткопериодических комет пока сваливаются в штабеля на заднем дворе науки, хотя недостатка во всякого рода гипотезах не ощущается.

Второй особенностью кометы Энке является ее удивительная активность. Несмотря на частые визиты к раскаленному Солнцу, она проявляет необычайно высокую живучесть и пока нет никаких признаков ее скорого исчезновения. Несомненно, одна из самых впечатляющих страниц кометной истории будет вписана именно этой кометой!

Если у вас хватит терпения долистать эту книгу до конца, то с этим поразительным феноменом природы вы еще встретитесь, читая о Тунгусском явлении 1908 года.

В 1987 году очень дружный интернациональный коллектив исследователей — Н. А. Беляев, А. Н. Пушкар, в (СССР) и Л. Кресак, Э. Питтих (ЧССР) выпустили в

свет крупную работу, посвященную 128 короткопериодическим кометам: «Каталог короткопериодических комет».

Как видите, рассказать о всех кометах просто нет возможности, поэтому мы с вами познакомимся лишь с несколькими.

Не щекочите Великое светило

Одна комета чрезвычайно памятна автору этих строк. 21 октября 1965 года мы, несколько сотрудников Института астрофизики, на перекладных спешили в аэропорт города Душанбе, покинув Гиссарскую обсерваторию в большом расстройстве. Автомобиль, на котором мы должны были ехать в аэропорт, заглох у обсерваторских ворот. Заглох намертво...

Очутившись с опозданием в аэропорту, мы застали там лишь темный шлейф отработанных газов, тянувшийся за взлетающим самолетом.

Надо же, как бывает! От охватившего огорчения и досады хотелось плакать...

А «Ил-18», набирая высоту, уходил все выше и выше за громогласящие друг на друга облака. Самолет был специально арендован Институтom астрофизики Академии наук Таджикской ССР для проведения наблюдений кометы Икейя — Секи, которая в это время максимально приблизилась к Солнцу. Это был редкий случай, когда астрономы всего мира устремились наблюдать комету среди бела дня. На случай облачной погоды и был арендован самолет в душанбинском аэропорту...

Комета была открыта двумя японскими астрономами-любителями Каору Икейя и Цумоту Секи. Когда рассчитали ее орбиту (а это сделали достаточно быстро), то выяснилось, что комета относится к группе комет, «царапающих» Солнце, т. е. проходящих сквозь солнечную корону. Такие кометы наблюдались еще с 1668 года, причем формы их орбит как две капли воды походили друг на друга. Говорить о том, что наблюдалось возвращение одной и той же кометы (как в случаях с кометами Галлея и Энке), было нельзя: кометы появлялись задолго до того, как первая из них совершала полный оборот вокруг Солнца. Было высказано предположение, что несколько тысяч лет назад очень крупная комета, подойдя близко к Солнцу, «царапнула» его, но, «не рассчитав своих возможностей», развалилась на части, и теперь

эти части так и движутся в кильватере друг друга, растягиваясь вдоль орбиты. И поскольку эти субкометы продолжают упрямо «царапать» или по крайней мере «щекотать» Великое светило, их, по-видимому, постигает участь «мамаши»: они тоже разваливаются «на глазах».

Прохождение кометы Икейя — Секи вблизи Солнца в 1965 году успешнее всего удалось пронаблюдать японским астрономам: они очень удачно «заказали» хорошую погоду и воспользовались ею без малейших потерь.

Надо сказать, что проблема «царапающих» комет еще находится в гипотетическом состоянии, и до ее окончательного решения так же далеко, как и до самих комет. Так что на вашу долю, дорогие читатели, кое-что останется.

Кстати, в 1976 году наши юные астрономы-любители, посещавшие секцию астрофизики Малой академии наук города Душанбе, имели возможность наблюдать одну из самых ярких комет конца XX века, комету Веста (Уэста) (рис. 14). Те ребята, которым удалось наблюдать комету несколько раз, смогли проследить ее перемещение на фоне звезд. Комета наблюдалась утром перед восходом Солнца, и было хорошо заметно, что веерообразный хвост направлен вверх от горизонта, т. е. прочь от Солнца. Некоторым даже удалось получить фотографии этой красивой кометы. Надо сказать, что фотопортрет кометы Веста — это редкий сувенир.

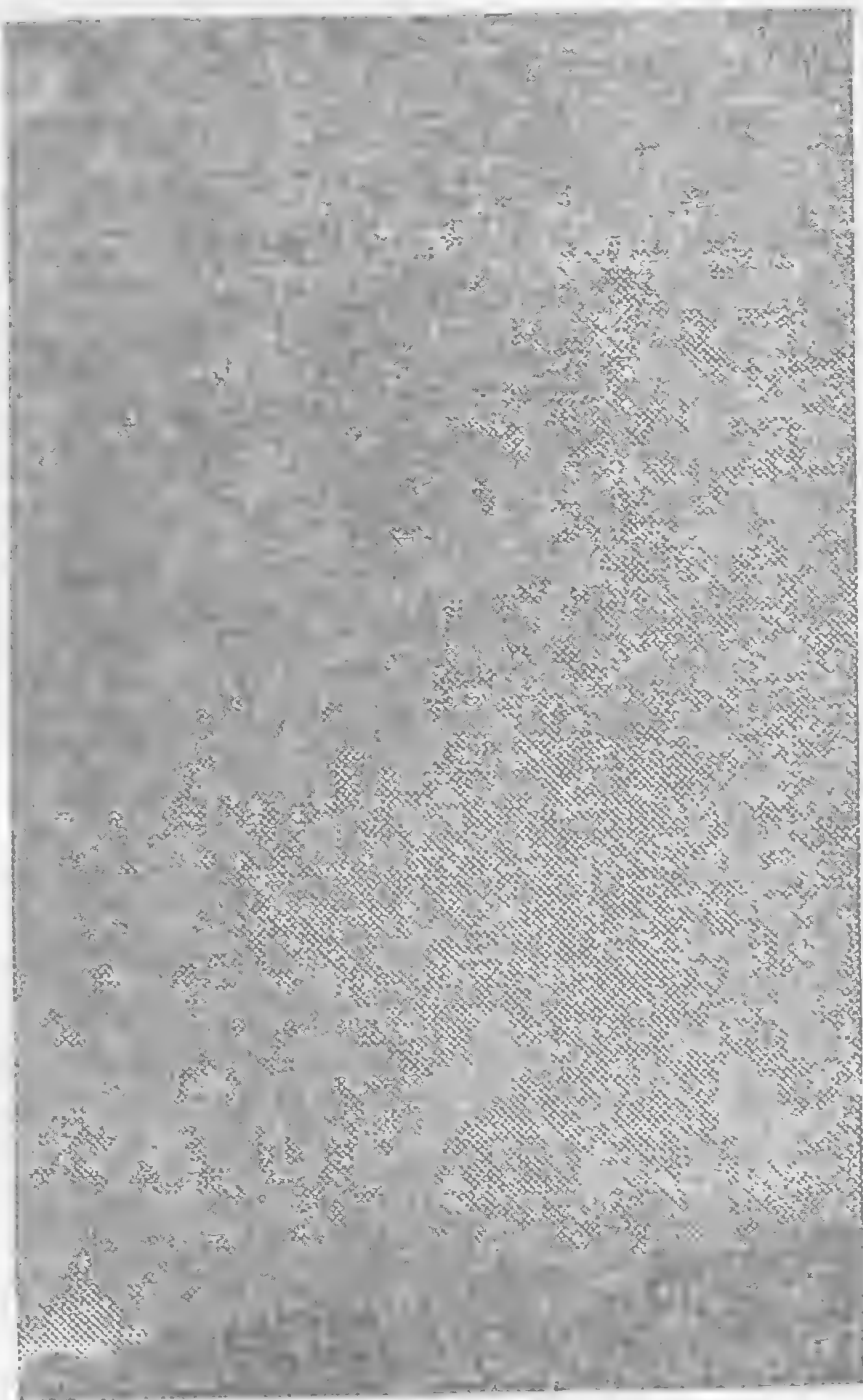


Рис. 14. Комета Веста

Комету открыли в 1975 году, когда она была чрезвычайно слаба и абсолютно не представляла интереса для астрономов-любителей. Ее просто не было видно. А когда к марту следующего года она «разгорелась» почти до яркости Венеры, выяснилось, что вездесущие средства массовой информации просто «прохлопали» такой лакомый кусок. Следствием этого и явилась вынужденная пассивность армии любителей, поскольку многие из них даже не подозревали о редком феномене. В этом смысле можно было завидовать белой завистью летчикам и особенно морякам, стоявшим на вахтах. На их служебных постах просто было невозможно не заметить яркое светило с «павлиньим» хвостом, украсившее знакомую звездную роспись ночного неба.

Впрочем, главными виновниками оказались, конечно, астрономы, не давшие своевременно «пищи для пера» журналистам, умеющим в мгновение ока оповестить мир о действительных и мнимых чудесах.

Если триумф кометы Веста прошел, так сказать, в тени общественного мнения, то одной из ее предшественниц достались и огонь, и вода, и медные трубы, правда, в обратном порядке.

Речь идет о комете Когоутека (1973 год). Предполагалось, что при подходе к Солнцу она по яркости будет конкурировать с кометой Галлея образца 1910 года. Широкая реклама, предшествовавшая появлению кометы, дала импульс к оживлению любительских наблюдений во многих странах.

Но главным было предположение, что комета Когоутека должна столкнуться с Солнцем. К сожалению, многое из того, что ожидалось, не подтвердилось в действительности. Столкновения не произошло, хотя комета сблизилась с Солнцем на очень опасное для себя расстояние, да и прогнозы о ее яркости оказались слишком оптимистическими. Короче говоря, среди астрономов-любителей и просто людей, возбужденных разговорами о комете Когоутека, наблюдалось полнейшее разочарование.

Однако с точки зрения профессиональных астрономов комета дала просто неоценимые сведения. Это произошло прежде всего благодаря тому, что впервые комету исследовали не только с помощью наземных средств, но и с привлечением космических методов. Была открыта огромная внешняя оболочка кометы, состоящая из пейтрального водорода, размеры которой превышали диаметр Солнца!

Трудно себе вообразить, что крошечное кометное ядро способно сформировать такую огромную атмосферу, кстати совершенно невидимую с поверхности Земли. Напомним, что поперечники кометных ядер не превышают десятка километров, а поперечник Солнца составляет 1 400 000 километров!

Комета Когоутека оказалась героиней кинофильма. Ее расположение в пространстве было таково, что видна она была лишь вблизи горизонта, да и то очень быстро скрывалась из поля зрения. Решено было наблюдать ее по цепочке: каждая более западная обсерватория вела наблюдения вслед за своей восточной соседкой. Совершенно ясно, что в пределах одной страны такая цепочка была бы далеко не полной, поэтому программа носила международный характер. В итоге результаты последовательных единичных наблюдений были смонтированы в одну киноленту, просмотр которой выявил динамическую картину «взаимоотношений» головы и хвоста кометы.

Результаты «клипнут» к результатам!

Так что же такое кометы? Есть ли у них свой пояс в Солнечной системе?

Мы уже упоминали, что на первых порах серьезного изучения комет никому не приходила в голову мысль, что они принадлежат Солнечной системе. Наоборот, считалось, что таинственные незнакомки проникают в «наш двор» из самых далеких глубин космического пространства. В самом конце XVIII века Лаплас отстаивал идею о том, что небесные странницы, случайно приближаясь к периферии Солнечной системы, попадают в цепкие гравитационные «лапы» планет-гигантов и подтягиваются ими поближе к Солнцу.

Возможно ли такое? По-видимому, да. На многочисленных примерах «из жизни» астероидов мы давно уже убедились в широчайших возможностях такого космического гиганта как Юпитер.

Однако в начале XIX века Лагранж представил определенные свидетельства того, что кометы никогда не бороздили межзвездное пространство. Их истинное место рождения — большие планеты с обилием вулканов. Именно в процессе вулканической деятельности в пространство выбрасываются многочисленные обломки породы, содержащие большое количество различных газов. Устремившись с огромной скоростью из вулканического

пекла в межпланетное пространство, эти обломки остывают и продолжают жить по законам небесной механики, обращаясь вокруг Солнца, словно крошечные планеты или астероиды.

Возможно ли такое? Наверное, да, ответите вы. А вот известный исследователь комет киевский астроном С. К. Всехсвятский очень энергично отбрасывал неопределенное «наверное». Он высказывался в пользу категоричного «да»!

Но все оказалось не так просто. Не все «вулканические кометы» могли оторваться от своих «родителей» и начать самостоятельную, а порой и разгульную жизнь. Уж слишком могучим полем тяготения обладают большие планеты. Находилось и еще множество других аргументов против гипотезы Всехсвятского. Он не мог не считаться с ними. Тем не менее в идее о вулканическом происхождении комет он был более чем уверен. Только источником комет стали не сами планеты-гиганты, а их спутники, значительно менее массивные и, следовательно, с меньшим гравитационным полем. Такой вариант гипотезы Лагранжа также не нашел широкой поддержки, поскольку имелись обоснованные сомнения в реальности действующих вулканов на «мертвых» спутниках планет.

Развивая свою модель, С. К. Всехсвятский пришел к выводу, что у всех планет-гигантов должны существовать кольца, подобные кольцам Сатурна. Однако одно дело — строить модели, решать уравнения, находить на бумаге убедительные подтверждения своим гипотезам, а другое — проверить все это на практике. А практика была такова, что никаких проявлений вулканизма на планетах-гигантах и тем более на их спутниках не регистрировалось, а кольца имелись только у Сатурна и то скорее не как закономерность, а как уникальное исключение.

И вдруг начинается эпоха, когда «результаты липнут к результатам». В 1977 году при наблюдении покрытия Урапом звезды открываются пять колец Урана. В 1979 году с помощью автоматической станции «Вояджер-1» открываются кольца Юпитера. Что за чудеса!? Тот же «Вояджер» фотографирует 8 действующих вулканов на крупнейшем спутнике Юпитера Ио.

Что будет дальше и как эти и, наверняка, последующие открытия скажутся на биографиях комет, покажет время. Не исключено, что кто-нибудь из вас, дорогие читатели, будет разгадывать эту прекрасную тайну.

Хранилище кометных ядер

Гипотезы захвата комет из межзвездного пространства и их вулканического происхождения весьма немирно сосуществовали рядом, не желая уступить друг другу пальму первенства. Однако в 1950 году они были сильно потеснены одной старой идеей в новом оформлении.

Еще в 1932 году один из выдающихся астрономов, обладающий удивительной интуицией, способный буквально на пальцах получать глубокие результаты, эстонец Эрнст Эпик высказал идею о возможной концентрации большого количества облаков кометных и метеорных тел, «подчиняющихся» Солнцу, несмотря на то, что размещались они на расстоянии четырех световых лет от него.

В 1950 году голландский астроном Ян Оорт, исследуя ряд долгопериодических комет, обнаружил, что их афелии (наиболее удаленные от Солнца точки орбит) концентрируются вблизи границы Солнечной системы. Конечно, можно было бы посчитать этот результат малопримечательным, тем более что количество комет было совсем небольшим — 19. Однако Оорт увидел за этим явление большого масштаба. Он возродил к жизни идею Эпика о хранилище кометных ядер на «задворках» Солнечной системы. Из его исследований вытекало, что зона, оккупированная кометами, простирается в поясе от 30 до 100 тысяч астрономических единиц от Солнца.

Кстати, сам Оорт полагал на первых порах, что кометы образовались в процессе взрыва Фазтона! Взрыв, по его мнению, был настолько силен, что большая часть мелких осколков была заброшена так далеко, что попала под косвенное влияние соседних звезд, да так и осталась на окраинах Солнечной системы.

И хотя красивая гипотеза о Фазтоне оказалась несостоятельной, идея забрасывания вещества из внутренних областей Солнечной системы во внешние в дальнейшем получила подтверждение.

Сегодня механизм образования облака Эпика — Оорта выглядит приблизительно так. В эпоху гравитационного «склеивания» планет из газопылевого облака формировалось большое количество сгустков вещества или так называемых зародышей. Однако не все зародыши обрастали веществом с одинаковой скоростью. Некоторые значительно опережали своих ближайших и дальних соседей. Так, будущие планеты-гиганты, не набрав еще массы

Земли или Марса, начали проявлять свой агрессивный «характер». Все, что эти планеты не в силах были поглотить, они выталкивали своим гравитационным полем далеко от своих «участков». Главной помехой в этой выталкивающей деятельности было Солнце, старавшееся удерживать даже любую мелочь на ее исконных орбитах. Но чем дальше от Солнца формировалась планета-гигант, тем легче ей было проявить самостоятельность и по-своему вершить судьбы более мелких тел. Поэтому основным поставщиком кометных ядер в облако Эпика — Оорта был Нептун. Поскольку Нептун расположен очень далеко от Солнца, то все его окружение живет в состоянии вечного холода и, следовательно, содержит большое количество летучих веществ, которые не могли удержаться в более близких к Солнцу телах. Именно содержание таких веществ и характерно для комет, которые удалось выудить из далекого облака.

Как же они выживают оттуда? Тело, заброшенное, скажем, Нептуном в облако, существует там до тех пор, пока что-нибудь не уменьшит его скорость обращения вокруг Солнца. Этим «что-нибудь» могут быть возмущения со стороны соседних звезд. Конечно, если возмущение не уменьшит, а увеличит скорость кометного ядра, то ядро может покинуть Солнечную систему навсегда.

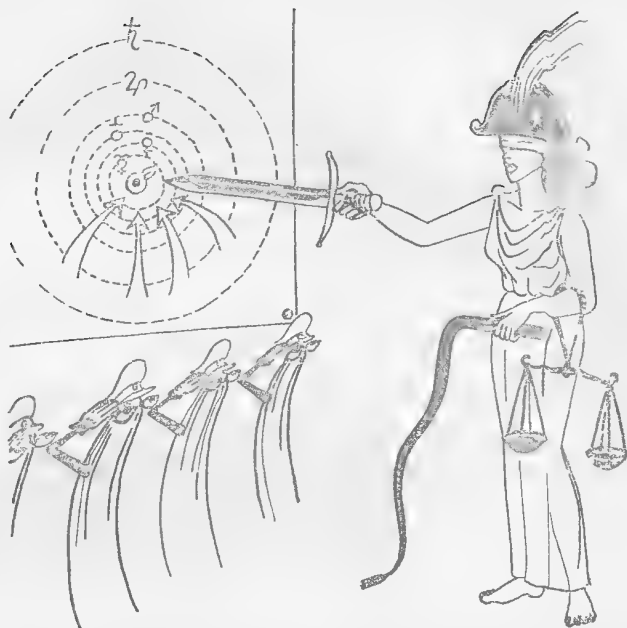
Итак, планеты забросали всю периферию Солнечной системы кометными ядрами, а соседние звезды, вмешиваясь в «чужие дела», изредка возвращают их к Солнцу. Приближаясь к Солнцу, ядра начинают испаряться, образуют комы, формируют хвосты.

Описанная вкратце модель Оорта — разумеется, не окончательное решение вопроса о происхождении комет и особенно о способах забрасывания их внутрь планетной системы.

Зачем нужна Немезида?

Поскольку достаточно большое количество звезд «живут» попарно одной семьей, предполагается, что и у нашего Солнца может быть спутник или спутница — звезда с массой около 0,01 массы Солнца. Она очень слабо светится, поэтому обнаружить ее с Земли не удастся.

Назвали ее Немезидой. Немезида в греческой мифологии — фигура серьезная. Это богиня возмездия: она карает всякого, кто нарушает общественные, моральные, этические нормы. Вам, наверное, не раз приходилось вц-



деть ее изображение: суровая женщина с весами в одной руке и мечом в другой. Иногда взамен или в дополнение к этим орудиям у нее появляются уздечка и плеть.

Большую часть времени космическая Немезида проводит вдали от «дома», поэтому с кометным облаком не соприкасается. Однако какой бы самостоятельной она ни казалась, закон тяготения требует двигаться по определенной орбите. Таким образом, при каждом обороте Немезида возвращается в окрестность Солнца и «в сердцах» швыряет в своего «старшего брата» горстью кометных ядер из облака Эпика — Оорта.

Вот почему спутник Солнца назван таким чуждым именем. В этом виноваты кометы. Ведь древние воспринимали их появление как знамение несчастий, а значит, какой-то расплаты. Неважно, какой и за что.

Совсем недавно появилась еще одна возможная версия. Помните правило Тициуса — Боде? Оно указывает, на каком расстоянии от Солнца должны располагаться планеты. Так вот, это правило вовсе не ограничивает планетную систему девятью членами. Пожалуй, пусть будет десять, одиннадцать, двенадцать и так далее. А раз

так, то не искать ли нам заплутонную планету? Пока она не найдена, не хватает мощности наблюдательных средств. Но в ее существование верят. Мало того, предполагается, что расположена она приблизительно в 12 миллиардах километров от Солнца и имеет массу всего в 5 раз больше массы Земли.

В соответствии с законами небесной механики планета раз в 30 миллионов лет «окунается» в кометное облако и, «отряхнувшись», сбрасывает часть кометных «капель» внутрь Солнечной системы.

Между прочим, и Немезида, и десятая планета появились на свет неспроста. Установлено, что приблизительно раз в 30 миллионов лет на Земле происходят катастрофические события, причины которых все чаще стараются найти на небе. Так вот, кометы в этом смысле находятся под большим подозрением. Не они ли мутят воду? Причем мутят в самом прямом смысле слова: падают на Землю и учиняют разгром не меньший, чем может сделать астероид (помните трагедию динозавров?).

Но вероятность столкновения кометы с Землей чрезвычайно мала. Чтобы это могло произойти, надо, чтобы в эпоху возможного столкновения число комет резко возросло. Вот почему понадобились и Немезида, и десятая планета.

Как далеки мы от истины, установить будет очень трудно, хотя с развитием космической техники, новейшей технологии обработки материалов не исключено появление сверхчувствительных приемников излучения в различных диапазонах длин волн. Скажем, десятую планету можно будет зарегистрировать в инфракрасной области.

Еще одна головоломка

А могут ли кометы, постепенно потеряв весь свой газовый запас, превратиться в некое подобие астероидов? Вспомните, сколько астероидов обитает на отшибе, вдали от своего пояса. Разве исключено, что это просто «высохшие» кометные ядра?

Кстати, в разговорах о периодических катастрофах, влияющих на развитие биологической жизни на Земле, упоминались и астероиды, и кометы.

Наверное, окончательный ответ можно будет получить, посадив на подозреваемый астероид исследовательский космический аппарат (а это, по-видимому, будет опять делом ваших рук).

И все-таки поговорить о физическом строении комет, а точнее кометных ядер, стоит. Можно определить кометное ядро как ком очень грязного льда или снега, который, приближаясь к Солнцу, нагревается, и испаряющийся газ увлекает за собой пыль и более крупные комочки грязи. Комочки грязи достаточно долго летят рядом с ядром, а пыль отталкивается давлением солнечного света, и из нее формируется пылевой хвост кометы. Испаряющийся газ, часто ионизованный, также уносится в хвост. Гонят его туда потоки чрезвычайно горячего газа, мчащегося от Солнца со скоростью до 400 километров в секунду. Ежеминутно Солнце покидают 60 миллионов тонн такого газа. Это так называемый солнечный ветер (предсказанный, кстати, С. К. Всехсвятским и его учениками). Солнечный ветер формирует ионные хвосты у комет.

Итак, кометы лихо транжирят свое вещество. До каких пор это будет происходить? Возможны, по-видимому, следующие варианты.

1. Соотношение летучих компонент и пыли таково, что при последнем выбросе газа рассеются и последние пылинки ядра. Комета исчезнет, оставив после себя рой метеорных частиц.

2. Летучие вещества испарятся полностью, но останется остов, своеобразная кометная «пемза». Такой остаток ядра и окажется «высохшей» кометой, а точнее пористым астероидом.

3. Внутри кометного ядра имеется прочная астероидоподобная сердцевина, укутанная обычным кометным веществом. Это вещество постепенно удалится, образовав кому и хвост кометы. Когда же сердцевина полностью обнажится, комета «погаснет» и превратится в обычный астероид.

Этот последний вариант самый важный. Хорошо бы, конечно, посадить на ядро кометы специальный космический аппарат, который смог бы проникнуть в его недра и подтвердить наличие астероида внутри кометы. Однако это опять же дело будущего, а пока вопрос решается косвенным путем.

Давно замечено, что многие кометы делятся на части. Помните семейство «царапающих» Солнце комет? Кстати, упомянутая нами комета Веста тоже раскололась на четыре части в 1976 году.

Совершенно ясно, что если бы у таких комет была астероидоподобная сердцевина, то после раскола отдельные части кометы вели бы себя иначе, чем их «родитель-

ница» или другие неразделившиеся кометы малого размера.

К большому сожалению, ничего особенного отделившиеся куски собой не представляют, а продолжают оставаться обычными кометами. Скорее можно сделать вывод, что они дробятся, потому что состоят из обычного кометного вещества. Если бы внутри каждого из них находился астероид, то развалить их на куски было бы сложнее.

Конечно, можно попытаться решить эту головоломку путем сравнения внешнего вида комет и астероидов, а также их орбит. Но и на этом пути не все так гладко, как хотелось бы. Мы уже с вами говорили о влияниях Юпитера и других планет-гигантов на различные малые тела. Поэтому сегодняшняя орбита кометы или астероида — вовсе «не паспорт», а только временное «удостоверение личности». Чтобы провести действительное сравнение орбит двух тел, необходимо тщательно исследовать эволюцию этих орбит, а она очень сложна. Тем не менее такие работы выполнялись. Они свидетельствуют, что «высохшие» кометы поселяются среди астероидов группы Аполлона и Амура, приближающихся к Земле достаточно близко.

А, например, астероиды Гидальго и Хирон вообще движутся по кометным орбитам. Не в свою область забрались и знаменитые «тройняцы». И тем не менее ни об одном из указанных объектов нельзя твердо сказать, что в его родословной есть кометная «кровь».

Исследования свойств кометных ядер и астероидов путем тонких астрофизических методов также не дают пока однозначного ответа.

Нередко наблюдается еще одно интересное явление. У многих комет заметна асимметрия их активности, указывающая на то, что часть поверхности ядра не выбрасывает ни газа, ни пыли. Ага! Вот он, кусок астероида, торчащий из ядра! Если бы так было! На самом деле пассивные участки могут возникать вследствие образования экрана из пылевых частиц, не пропускающих солнечные лучи. Характерна в этом плане комета Энке. Будучи уже старой кометой, тысячи раз обернувшейся вокруг Солнца, выбросившей значительную массу вещества в пространство, она продолжает бушевать, но делает это достаточно однобоко: активным является одно полушарие, второе, по-видимому, экранировано облаком пыли.

ОТ ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗД К НЕБЕСНЫМ КАМНЯМ

Загадай желание

Ясная морозная ночь. Необъятное небо в россыпи бриллиантов звезд. Серебристый туман Млечного Пути, утопающий за горизонтом. Кажется, что это могучее спокойствие природы ничем нельзя нарушить. Внезапно яркий метеор огненной стрелой вспарывает небо, стремительно несется среди неподвижных звезд, роняя тысячи искр. Через мгновение метеор гаснет, оставив после себя слабо святящийся белесый след. Еще секунда, и след растворяется в глубоком небе.

Многие люди, далекие от астрономии, полагали (некоторые полагают и сейчас), что метеоры имеют звездную природу. «Звезда упала, — нередко слышим мы от человека, наблюдавшего метеор. — Давай загадаем желание». На самом же деле метеорные явления никакого отношения к звездам не имеют. Звезды действительно находятся в движении и постоянно перемещаются в пространстве относительно друг друга со скоростями в несколько десятков километров в секунду. Но поскольку расположены они от нас на чудовищных расстояниях, их видимое положение практически не меняется.

Судите сами, звезда Барнарда, имеющая наибольшую из известных угловую скорость движения, смещается за год лишь на угол $0,0023^\circ$. Конечно, в течение жизни многих поколений людей она будет казаться абсолютно неподвижной. Что касается остальных звезд, то их видимое смещение еще более ничтожно.

Но если метеоры — не падающие звезды, то что это?

Если просеять Солнечную систему через сито столь мелкое, чтобы оно задерживало планеты, их спутники, сравнительно крупные астероиды и кометы, то, как это ни удивительно, можно насыпать довольно большую гору космической пыли, песка, щебня и валунов поперечником до нескольких метров. Всю эту космическую мелочь на-

зывают метеорными телами или метеороидами. Наблюдать такие объекты даже в самые мощные телескопы — затае бессмысленная, поскольку каждое из этих тел отражает ничтожное количество света. И мы могли бы совершенно ничего о них не знать, если бы Земля при своем движении вокруг Солнца постоянно не сталкивалась с ними.

Метеороиды влетают в земную атмосферу с космическими скоростями, составляющими десятки километров в секунду. Подавляющая их часть полностью разрушается на высотах 60—110 км, не достигая, таким образом, поверхности Земли. Это разрушение сопровождается кратковременным световым явлением, которое называют метеором. Чем крупнее и быстрее метеорное тело, тем ярче метеор. Очень яркие метеоры называют болидами. Бывают болиды, светящиеся ярче полной Луны, а некоторые видны даже в солнечный день.

Метеоры и болиды — практически единственный источник регулярной информации, получаемой нами о метеорных телах, заканчивающих свой жизненный путь в земной атмосфере.

Если метеороиды не разрушились полностью, то сохранившиеся остатки падают на Землю, и, как мы уже говорили раньше, эти остатки называют метеоритами.

Итак, когда мы говорим о метеорах, то имеем в виду световые явления, сопровождающие разрушение метеороидов в атмосфере, а когда говорим о метеоритах, то — метеороиды или их осколки, достигшие поверхности Земли. Как отмечалось ранее, метеориты являются продуктами дробления астероидов. Мы поговорим здесь и о тех и о других. Вначале героями нашего рассказа будут метеоры, потому что падение любого самого маленького метеорита сопровождается явлением метеора.

Чуть-чуть истории

Люди обратили внимание на метеоры и болиды еще в седой древности. Древнерусские летописи хранят сведения о метеорах начиная приблизительно с 1000 года. Может быть, огнедышащий Змей Горыныч, прочно прописавшийся в бесчисленном количестве сказок, родился как одно из следствий толкования на Руси метеорных явлений. Яркие медленные болиды в воображении наших далеких предков могли представляться изрыгающими пламя змеями, а дробление болидов на несколько



частей могло породить представление о многоголовости небесных чудовищ.

Еще более ранние упоминания о наблюдениях метеоров имеются в китайских хрониках и древнеегипетских папирусах, относящихся к 2000—1000 годам до н. э.

В 1749 году кузнец и охотник Яков Медведев обнаружил на берегу Енисея необычную железную глыбу. Снаружи она была покрыта твердой оплавленной корой, а внутри состояла из пористого железа с вкрапленными в него мелкими желтыми камешками. Среди местных жителей ходила легенда, будто глыба упала прямо с неба. Надеясь использовать ее в кузнечном деле, Медведев перевез глыбу на свой двор. Но «божий дар» возлагаемых

на него надежд не оправдал, и глыба пролежала рядом с кузницей более 20 лет.

Случайно ее увидел член Петербургской академии наук П. С. Паллас, путешествовавший по Сибири с научными целями. Ученый проявил к находке исключительный интерес прежде всего как к уникальному образцу самородного железа и в 1773 году перевез таинственную глыбу в Петербург. С тех пор она вошла в историю под именем палласова железа. Любопытно, что сам Паллас (как и все ученые — его современники) и мысли не допускал, что падение камней и железных «самородков» с неба может быть реальностью, а не выдумкой.

Чего уж было ожидать от «простых» людей. Так, третий президент Соединенных Штатов Америки Томас Джефферсон, человек, бесспорно, прогрессивный и разносторонне образованный, автор проекта известной Декларации независимости 1776 года, принятой в разгар войны в Северной Америке, приветствовавший Великую французскую революцию, установивший дипломатические отношения с Россией в 1808 году, весьма нелестно отзывался о двух профессорах Йельского университета. Они имели неосторожность сообщить о небесном происхождении метеорита Вестон, найденного в штате Коннектикут. В прощии президента сквозило сомнение в профессиональной пригодности указанных представителей науки, поскольку, конечно же, никакие камни с неба падать не могут...

В 1794 году палласово железо исследовал профессор Берлинского университета, член Петербургской академии наук Э. Хладни. Годом раньше он заинтересовался некоторыми фактами, «намекающими» на существование связи между наблюдениями болидов и последующими находками удивительных камней. Проведя тщательные сравнения сибирской глыбы с образцами других необычных камней и самородного железа, Э. Хладни твердо уверился в их небесном происхождении и опубликовал книгу, в которой обосновал свои выводы. Он доказывал, что такие болиды порождаются вторжением космических тел в атмосферу Земли.

Вскоре, в 1798 году, наблюдения одних и тех же метеоров с двух удаленных друг от друга пунктов, проведенные в Германии Г. Брапдесом и И. Бенценбергом, не оставили сомнений в том, что метеоры возникают в атмосфере на высотах порядка 100 километров.

Еще одно событие сыграло значительную роль в судь-

бе метеорной науки. Знаменитому естествоиспытателю А. Гумбольдту, путешествовавшему по Южной Америке, посчастливилось наблюдать метеорный дождь. (Очень интенсивный поток метеоров называют метеорным дождем.) В одну из ноябрьских ночей 1799 года тысячи метеоров, точно зажженные стрелы, проносились по ночному небу. Гумбольдт, потрясенный необычным огненным ливнем, проявил некоторую настойчивость и установил, что подобное явление местные жители наблюдали и в ноябре 1766 года.

В 1833 году явление повторилось. Небо буквально пылало от обилия метеоров. Суеверные люди вправе были полагать, что пришел день страшного суда. К счастью, очевидцами метеорного дождя были и астрономы, обратившие внимание, что метеоры казались выходящими из одной точки неба, названной радиантом и расположенной в созвездии Льва. Вывод напрашивался сам собой: траектории метеоров были параллельными друг другу (вспомните, как уходящие вдаль рельсы кажутся сходящимися в одну точку). Метеороиды двигались в межпланетном пространстве параллельными путями. Наблюдавшийся поток метеоров получил название Леониды ('«лео» — по-латыни лев). Без преувеличения можно сказать, что в 1833 году родилась метеорная астрономия.

Обратите внимание, что метеорный дождь Леонид появлялся регулярно приблизительно через каждые 33 года: в ноябре 1766, 1799, 1833 годов. Астрономами были вычислены даты предыдущих появлений замечательного метеорного дождя и прослежено его действие в прошлом вплоть до 585 года. Прогноз очередного появления дождя в ноябре 1866 года публиковался в газетах и вообще получил широкую огласку. Дождь действительно наблюдался, и, хотя число метеоров было меньшим, чем в 1833 году, эффект был впечатляющим. Авторитет астрономов сильно возрос: люди, умеющие предсказать на много лет вперед лунные и солнечные затмения, а теперь и звездные дожди, в глазах публики выглядели проками.

Энтузиазм в проведении наблюдений метеоров буквально захлестнул астрономов. Европа переживала метеорный бум. Русский астроном Ф. А. Бредихин, итальянец Дж. Скапапарелли, англичанин Х. Ньютон (однофамилец знаменитого физика и математика) и другие крупные ученые обратили самое серьезное внимание на развитие науки о самых малых телах Солнечной системы. Резуль-

таты не замедлили сказаться. Вскоре выяснилось, что Леониды — не единственный метеорный поток, стали известны Персеиды, Лириды, Геминиды. Были обнаружены признаки связи некоторых потоков с кометами. Казалось, что развитие метеорной астрономии пойдет теперь по широкому и перспективному пути. Однако всесильная природа уже подстраивала коварную ловушку.

Уже после дождя 1866 года более тщательные исследования орбиты потока Леонид указывали на возможность отклонения ее в пространстве. Но память об удивительных метеорных дождях 1833 и 1866 годов была так свежа, впечатление было настолько потрясающим, что к наблюдениям 1899 года готовились все обсерватории мира. Были привлечены все оптические и интеллектуальные силы. На случай облачной погоды предусматривались всевозможные дополнительные меры. Венской академией наук была отправлена в Индию специальная хорошо оснащенная экспедиция опытных астрономов-наблюдателей. В Петербурге, Париже и Страсбурге планировались наблюдения с аэростатов. Многие города Европы и Америки жили напряженным ожиданием грандиозного небесного фейерверка.

Однако итог был плачевным и принес полнейшее разочарование. Небо было спокойно, как в обычные ноябрьские ночи, с привычным сверканием звезд. Проведенные тут же по «горячему следу» вычисления показали, что ориентация орбиты Леонид в пространстве действительно изменилась и в дату предполагаемого метеорного дождя Земля находилась на расстоянии более 2 миллионов километров от средней орбиты роя. Таким образом, все подготовительные хлопоты оказались напрасными, а это всегда раздражает, вызывает чувство досады и даже гнева. Престижу астрономии был нанесен сильнейший удар.

Интерес к метеорам стал резко падать. Лишь астрономы-любители, вдохновляемые не столько научной перспективой, сколько доступностью наблюдений, поддерживали слабый огонек в очагах метеорных исследований. И даже в начале XX века уровень этих исследований продолжал оставаться любительским. Известный специалист по Солнечной системе Б. Ю. Левин связывал это с бурным развитием астрофизики, когда появление новой наблюдательной техники и широкое привлечение физики к объяснению процессов в звездах создали новое поле деятельности для профессиональных астрономов.

Ваша оригинальная карта звёздного неба, сэр,
ваш астрозонт — вскоре может понадобиться вам
как простой зонтик — обещают метеорный
дождь



Столь резкая миграция умов, полное опустошение высших эшелонов исследователей, обеспечивающих идейный и технический прогресс метеорной науки, превратили ее практически в слабосвязанную сеть кустарей-одиночек, занимающихся в основном повторением пройденного.

Ситуация изменилась лишь в 20-х годах, когда с развитием авиации и метеорологии возникла необходимость детального исследования земной атмосферы, в том числе ее верхних слоев. Вы, вероятно, помните, что физическое состояние газа зависит от некоторых важнейших характеристик, таких как температура, плотность, давление. В те в общем-то уже далекие времена сведения об этих

характеристиках на высотах 60—120 километров можно было получить, лишь систематически наблюдая метеоры. Никаких других возможностей просто не существовало. Все существующие тогда летательные аппараты и приспособления в принципе не могли достичь таких высот, ракет тогда еще не было. Попытки вывести простейшие математические соотношения, связывающие параметры атмосферы с данными наблюдений, способствовали разработке основ физической теории метеоров.

В те годы основным методом наблюдений все еще оставался визуальный метод (иногда с применением телескопа для наблюдений очень слабых метеоров), дающий наглядное представление об изучаемом объекте, но страдающий низкой точностью. В самом деле, человек не электронно-вычислительная и не электронно-копировальная машина. Заметив метеор, он не может в то же мгновение нанести «синхронно» его траекторию на звездную карту. Все это он сделает уже после того, как метеор погаснет. Обычно все явление метеора длится доли секунды. И, конечно, отыскав на карте необходимые созвездия, наблюдатель наносит на нее весьма приблизительную траекторию. Еще сложнее задача оценить блеск метеора. Обычно это делается путем сравнения с блеском звезд. Здесь субъективизм оценок достигает еще большей степени, чем при нанесении траектории на карту. Метеор-то уже исчез, и вы фактически производите сопоставление по памяти. Но это скорее эмоциональный способ, нежели действительно научный.

Конечно же, это прекрасно понимали профессиональные астрономы, приток которых освежил совсем было захиревшее направление. Нужен был инструментальный способ регистрации метеоров. И такой способ в других, более прогрессивных областях астрономии уже давно царствовал. Речь идет, как вы, вероятно, догадались, о фотографии. В 30-х годах в разных странах начали создаваться необходимые наблюдательные средства, организовывались фотографические наблюдения с двух пунктов, удаленных друг от друга, что позволяло методом триангуляции определять высоты фотографируемых метеоров. В начале 40-х годов были проведены наблюдения метеоров с помощью радиолокаторов.

После окончания второй мировой войны фотографический и радиолокационный методы получили самое широкое распространение и на сегодняшний день все еще являются основными методами наблюдения метеоров.

В настоящее время успешно развиваются электронно-оптические и телевизионные методы наблюдения слабых метеоров, предпринимаются активные попытки изучать метеорное вещество на основе взаимодействия метеороидов со специальными датчиками, установленными на космических аппаратах.

Блеск метеоров и болидов, как и звезд и астероидов, да и остальных небесных светил, оценивается в звездных величинах. Напомним, что блеск Солнца эквивалентен блеску звезды минус 27-й величины (-27^m). Блеск Луны в полнолуние составляет -12^m . У Венеры в период максимума блеск равен -4^m . Блеск Сириуса составляет $-1,5^m$, Веги 0^m , Полярной звезды $+2^m$, Туманности Андромеды $+4,3^m$ и т. д. Напомним, что при написании положительных звездных величин знак «+» опускается. Визуально невооруженным глазом удается наблюдать метеоры ярче 5^m . Метеоры слабее $5-6^m$ недоступны глазу и наблюдаются в телескопы и бинокли.

Фотографические наблюдения охватывают диапазон звездных величин от 4^m до -20^m и ярче. С помощью электронно-оптических и телевизионных методов удается наблюдать слабые метеоры от 0^m до 10^m .

Как видите, современными наблюдениями удается охватить метеоры очень широкого диапазона звездных величин (болид со звездной величиной -20^m светит ярче метеора со звездной величиной 10^m в 1000 миллиардов раз!).

Космическая мелочь

подавляющее большинство метеорных тел принадлежит Солнечной системе. Это стало ясно, как только удалось по результатам наблюдений метеоров определить их орбиты. Подобно планетам, их спутникам, астероидам и многим кометам, метеорные тела движутся в пространстве вокруг Солнца по замкнутым эллиптическим орбитам. Это весьма существенно, поскольку эти тела могли бы приходить к нам и из глубин межзвездного пространства, но тогда бы их орбиты имели формы гипербол, а не эллипсов.

В современных каталогах число гиперболических орбит метеорных тел ничтожно, да и достоверность их весьма проблематична. По-видимому, в большинстве случаев получение гиперболических орбит связано с погрешностями, неизбежными при обработке наблюдательных

данных. Конечно, об этом можно только глубоко сожалеть, поскольку межзвездные частицы, порождая метеорные явления в земной атмосфере, могли бы рассказать о себе немало интересного. Представьте себе на минутку, что Тунгусское явление порождено межзвездным телом!

Впрочем, пока и природа нашей собственной космической «мелочи», обитающей в Солнечной системе, остается достаточно загадочной, несмотря на полуторавековое ее изучение. Тем не менее многие факты все-таки удалось связать единой логической нитью. Уже в 30-х годах прошлого столетия, т. е. в самом младенческом возрасте метеорной астрономии, было открыто несколько активных, регулярно действующих потоков, и в их числе Персеиды. В 60-х годах Дж. Скиапарелли, с удивительной точностью вычисливший орбиту Персеид, установил ее идентичность с орбитой кометы Свифта — Туттля, открытой в 1862 году, и тем самым впервые указал на возможность взаимосвязи метеороидов с другими телами Солнечной системы.

Последовавшее далее установление тесной связи потока Леонид с кометой Темпеля — Туттля, наблюдавшейся впервые в 1866 году, и Лирид — с кометой 1861 I укрепило эту точку зрения. На основе многочисленных наблюдений сложилось правильное представление о том, что действие метеорных потоков обусловлено прохождением Земли через сгущения метеорных тел, встречающихся на ее пути (вспомните, как мы проезжаем на автомобиле сквозь клубы пыли). Такие сгущения получили название метеорных роев. Каждый рой состоит из множества метеорных тел различных размеров, движущихся вокруг Солнца по почти параллельным путям. При этом попережки роев могут достигать десятков миллионов километров. Прямо, какие-то «миниастероидные пояса».

При пересечении такого роя Землей метеорные тела, вторгаясь в земную атмосферу, порождают в ней поток метеоров, имеющих общий радиант и близкие скорости движения. Как уже отмечалось, метеорный поток и связанный с ним рой метеорных тел называют по созвездью, в котором расположен радиант. Например, радиант Персеид находится в Персее, Орионид — в Орионе, Геминид — в Близнецах (по-латыни — «Гемини»), Акварид — в Водолее (по-латыни — «Аквариус»), Тауриды — в Тельце (по-латыни — «Таурус»), Дракониды — в Драконе и т. д.

Рассказывать подробно обо всех потоках нет необходимости. Хотелось бы обратить внимание, дорогие читатели

ли, на упоминавшийся здесь поток Персеид. Его действие охватывает довольно значительный период: приблизительно с 25 июля по 20 августа. Ночи с 10 по 13 августа наиболее богаты метеорами. Максимальное их число обычно наблюдается в предутренние часы 12 или 13 августа. В те «счастливые» для профессионалов и любителей годы, когда на максимум действия потока приходится безлунный период (как это было в 1988 году), даже неопытный наблюдатель, находясь за чертой города в неосвещенном месте, сможет за два предрассветных часа увидеть несколько десятков ярких метеоров.

Еще в 1925 году были опубликованы данные, свидетельствующие о весьма почтенном возрасте потока Персеид, некоторые веки в «биографии» которого удалось проследить более чем на 1200 лет назад. Естественно, что ежегодно «падения звезд» не оставались незамеченными, и даже церковь не обходила их своим вниманием. По имени святого, день которого праздновали 10 августа, метеоры потока Персеид назывались «слезами Святого Лаврентия». И чем больше выпадало «огненных слез», тем усерднее молились прихожане.

О чем же говорит тот факт, что поток наблюдается регулярно ежегодно более 1000 лет, и всякий раз, когда Земля пересекает орбиту роя, наблюдается много ярких метеоров? А говорит это о том, что метеорные тела равномерно рассеяны вдоль орбиты этого роя.

Предполагаемая родоначальница роя — комета Свифта — Туттля делает один оборот вокруг Солнца приблизительно за 120 лет. В момент открытия кометы в 1862 году она была чрезвычайно слабой, а в 1982, когда ожидалось ее возвращение к Солнцу, она не была обнаружена. Раз на таком длинном пути (период 120 лет!) метеорные тела распределены равномерно, то, следовательно, комета начала разрушаться очень давно, и рой, состоящий из продуктов этого разрушения, очень старый.

Если успешному визуальному или фотографическому наблюдению потока Персеид могут помешать только Луна и плохая погода (городскую подсветку мы в счет не берем, поскольку ради такого случая можно выехать за город), то возможные наблюдения Леонид могут состояться лишь накануне XXI века, в ноябре 1998—2000 годов. В отличие от Персеид Леониды относятся к молодым роям, в которых метеорные тела не рассеяны равномерно по всей орбите, а сконцентрированы в одном месте недалеко от кометы-родоначальницы и движутся в

пространстве плотным клубком (со временем рой рассеется вдоль всей орбиты).

Очевидно, что метеоры потока Леонид будут наблюдаться в изобилии лишь в те годы, когда Земля, пересекая орбиту роя, столкнется со сгущением метеорных тел. Мы уже знаем, что это происходит приблизительно раз в 33 года (например, метеорные дожди в 1833 и 1866 годах). Вообще-то каждый раз Земля пересекает различные участки сгущения роя на протяжении приблизительно трех лет. Так, последний раз Леониды наблюдались в период с 1965 по 1967 годы. Пик активности пришелся на 17 ноября 1966 года, однако Земля только краешком коснулась плотной части роя, и метеорный дождь наблюдался лишь в отдельных районах земного шара. Кстати, сотрудникам некоторых советских полярных станций посчастливилось стать свидетелями этого редкого явления.

В одном из американских штатов удача выпала на долю студентов, проводивших визуальные наблюдения Леонид. Вначале они с помощью секундомеров фиксировали моменты пролета метеоров и наносили их траектории на звездные карты. Затем у них уже не хватало времени на эти операции, и они стали просто подсчитывать количество увиденных объектов. А когда небо буквально запылало тысячами метеоров, счастливы, бросив счет, потрясенные смотрели на творящееся перед ними чудо! Но, к сожалению, многие обсерватории мира оказались вне сферы наблюдения дождя.

В Институте астрофизики Академии наук Таджикской ССР с помощью метеорного патруля были получены фотоснимки 25 метеоров. По данным пятнадцати из них определены индивидуальные орбиты метеорных тел, принадлежащих рою Леонид, и подтверждено их совпадение с орбитой кометы Темпеля — Туттля. Кстати, эта комета после открытия больше ни разу не наблюдалась, хотя возвращалась к Солнцу по крайней мере два раза — в 1899 и 1931 годах. Однако ее расположение на небе оба раза было неблагоприятным для наблюдений с Земли.

Любопытным примером родственной связи различных небесных объектов является почти детективная история кометы Бизлы и метеорного роя Бизлид, или Андромедид, как его еще называют по радианту потока, расположенному в созвездии Андромеды. Комета была открыта морским офицером Ц. Биэлой в 1826 году. Ее период обращения вокруг Солнца составлял 6,6 года, и она снова наблюдалась в 1832 году. В 1839 году из-за неблагоприят-

ного расположения на небе комета не наблюдалась и угодила в список потерянных. И вот, появившись снова в конце 1845 года, она вдруг на глазах у многочисленных наблюдателей разделилась на две части, причем одна из них становилась все ярче и ярче, образуя длинный хвост. Это была очень впечатляющая картина. Через 6 лет обе «субкометы» были хорошо видны, но уже в последний раз.

В дальнейшем самые тщательные поиски не припесли результата: комета исчезла навсегда, и казалось, что в ее истории можно смело дописывать заключительную страницу. Однако в 1872, 1885, 1892 годах в моменты пересечения Землей кометной орбиты наблюдались интенсивные метеорные дожди. Вот оно что! Комета вновь напомнила о себе; проявившись в новом качестве, она пополнила каталог активно действующих периодических метеорных потоков. И вдруг все кончилось: устроив в 1899 году прощальный звездный фейерверк, совсем юный метеорный поток внезапно пропал без вести.

Может быть, кто-то из вас, закончив университет, посвятит себя астрономии и займется поисками пропавшего героя. Скорее всего, какая-то из планет «перехватила» его, и вам придется выяснить, какая и надолго ли?

Вы, вероятно, обратили внимание, что обилием метеорных дождей природа особенно щедро баловала астрономов в прошлом веке. Нынешнее столетие в этом смысле оказалось заметно беднее. За истекшие 90 лет наблюдались, по существу, лишь два крупных метеорных дождя в 1933 и 1946 годах, порожденные потоком Драконид (поток Леонид 1966 года послал, как уже указывалось, локальный характер). Наиболее богатая информация была собрана в 1946 году, когда в среднем визуально наблюдалось до 6000 метеоров в час.

Однако с тех пор поток Драконид, подобно Бизелидам, почти сошел со сцены. Ожидаемые возвращения его в 1959 и 1973 годах оказались крайне разочаровывающими: 1—2 метеора в час. Наибольшее огорчение любителям астрономии принес 1973 год, когда во многих странах широко афишировалось это редкое явление природы. В ночь на 10 октября многомиллионный Токио, погруженный во мрак, не сомкнул глаз в ожидании звездного дождя. Однако небо оказалось неумолимым. Земля с метеорным роем разошлись «как в море корабли». Последняя попытка была сделана в октябре 1985 года при очередном возможном сближении с роем. В какой-то мере повторилась история Леонид 1966 года: лишь на Дальнем Востоке

наблюдали подобие дождя Драконид, что называется, не шедшим ни в какое сравнение с грандиозным явлением 1946 года. Правда, условия наблюдения в СССР были неблагоприятными: максимум потока пришелся на дневные часы. Поэтому наибольшие надежды возлагались на всепогодный радиолокационный метод регистрации метеоров. И действительно, в Душанбе, Казани, в Онджееве (ЧССР) и некоторых других местах действие потока было зарегистрировано. Но это был далеко не дождь и даже не дождичек. Видимо, Земля лишь слегка зацепила окраину роя, успокоив астрономов фактом, что блудный рой нашелся.

Этот рой теснейшим образом связан с короткопериодической кометой Джакобини — Циннера. Совпадение их орбит в пространстве феноменально. Рой метеорных тел, плотным облаком окутавший комету, имеет очень малый поперечник — около 300 000 километров. Земля способна преодолеть его всего за 3 часа (вспомните: рой Персеид Земля пересекает почти целый месяц!).

Таким образом, звездный дождь Драконид является следствием прямого попадания Земли в область роя. Малейший промах приносит «молоко»!

Гравитационные планетные возмущения непрерывно раскачивают орбиту кометы Джакобини — Циннера, меняя ее ориентацию в пространстве. Именно эта причина лишает нас великого удовольствия оказаться свидетелями уникального небесного явления. И это тем более достойно огромного сожаления, что метеорные тела роя Драконид по своим физическим характеристикам отличаются от всех своих «собратьев» (более подробно мы поговорим об этом позднее).

Мы уже говорили, что одной из самых загадочных комет является комета Энке. Так вот, с этой кометой связан метеорный рой Таурид, порождающий поток метеоров, действие которого охватывает почти целый месяц — с 26 октября по 22 ноября. Поток не имеет ярко выраженной даты максимума активности, но число метеоров несколько возрастает с 3 по 10 ноября. Орбиты кометы и роя похожи как две капли воды, но в пространстве они расположены не в одной плоскости, а под углом 15° друг к другу.

Этот факт давал повод усомниться в реальности связи роя Таурид с кометой Энке. Однако почти фантастическое сходство орбит (их форм и размеров) не давало астрономам покоя. Не может быть, чтобы оно было слу-

чайным, думали они. Подробные исследования, выполненные американским астрономом Фредом Уиплом в 1940 году, показали, что переориентация орбит произошла под влиянием возмущения больших планет. Всесильное возмущение больших планет! То самое, которое не позволило сформироваться Фазтону...

Уипл пришел к выводу, что Земля встречается с роем Таурид не только осенью в октябре — ноябре, но и летом в конце июня — начале июля, и действие этой летней ветви незаметно только потому, что оно приходится на дневное время. Конечно же, скептики оказались тут как тут: не может быть. Проверить-то результат Уипла все равно нельзя... Но через 7 лет вывод Уипла блестяще подтвердился: с помощью радиолокационных наблюдений, для которых «белый день» — не помеха, был обнаружен дневной поток — Бета-Тауриды.

Дважды в году Земля встречает и рой метеорных тел, связанных с кометой Галлея. Свидетелями первой встречи мы становимся в начале мая, наблюдая майские Аквариды, второй — в конце октября при наблюдении Орионид.

Перечисленных примеров достаточно, чтобы убедиться, что кометы и определенная часть метеорного вещества, содержащегося в роях, «по-родственному» связаны друг с другом.

Однако даже не для всех крупных метеорных роев обнаружены кометы-родоначальницы. Наиболее ярким представителем является рой Геминид, ежегодно порождающий метеорный поток в первой половине декабря с максимумом 13 декабря. Рой имеет орбиту меньших размеров, чем орбиты любой из сотен известных комет, и самый короткий период, равный 1,6 года.

Отсутствие кометы на современной орбите Геминид вполне объяснимо: от частых прохождений вблизи Солнца она могла полностью разрушиться за несколько десятков лет. Другое дело — существовала ли она вообще? И хотя пример кометы Энке такой возможности не исключает, отсутствие правдоподобного механизма, разрешающего полное «переселение» комет во внутренне области планетной системы, толкает на поиски иных возможных путей. Правда, недавно был открыт астероид Фазтон с орбитой, похожей на орбиту Геминид.

До сих пор наше знакомство с «метеорным населением» Солнечной системы ограничивалось метеорными роями. Однако метеороиды, объединенные в рой, состав-

ляют лишь малую долю межпланетного метеорного вещества. Подавляющее большинство твердых тел — от мельчайших пылинок до валунов — составляют метеороиды спорадического фона. Вторгаясь в земную атмосферу, они порождают спорадические (случайные) метеоры. Будучи наблюдаемы круглый год, они не имеют ярко выраженных эпох активности.

Метеороиды спорадического фона движутся вокруг Солнца в том же направлении, в котором движутся все планеты и астероиды (такое движение называется прямым). По этой причине подавляющее их большинство догоняет Землю, вторгается в ее атмосферу с малой относительной скоростью, порождая слабые метеоры, недоступные ни оптическим, ни радиолокационным средствам наблюдения. Исключения составляют массивные метеороиды, порождающие яркие метеоры и болиды, однако их доля в общем спорадическом балансе ничтожна.

Помимо роев и спорадического фона обнаружено существование обширных групп слабо связанных друг с другом метеороидов, называемых метеорными ассоциациями. По внешним признакам ассоциации очень напоминают сильно разреженные метеорные рои и являются как бы промежуточными звеньями между роями и спорадическим фоном. Согласно современным представлениям спорадические метеороиды представляют собой продукт распада как комет, так и астероидов. Пока накоплено значительно больше фактов, подтверждающих кометный вариант образования спорадического фона. Достаточно правдоподобной выглядит следующая эволюционная цепочка: кометы — метеорные рои — ассоциации — спорадический фон.

Что же касается астероидного варианта, то пока не обнаружено роев астероидного происхождения, хотя поиски в этом направлении ведутся. Однако наличие метеоритов, представляющих собой осколки астероидов, и астероидных орбит в каталогах спорадических метеоров свидетельствует о том, что астероидное вещество может пополнять метеорный спорадический фон.

Факт резкого возрастания числа метеороидов с уменьшением их размеров свидетельствует об обилии мельчайших (пылевых) частиц в межпланетном пространстве. Первым доказательством этому служит явление зодиакального света. Это явление, может быть, обусловлено рассеянием солнечного света на мельчайших пылинках или на свободных электронах. Об этом свидетельствует

подобие спектра зодиакального света солнечному спектру.

Первым, кто высказал мысль о космической природе зодиакального света в противовес идее о его атмосферной природе, был Джованни Доменико Кассини, наблюдавший зодиакальный свет еще в 1683 году. Тот самый Кассини, который открыл знаменитую щель в кольцах Сатурна и предположил, что кольцо состоит из множества очень мелких тел. Кстати, будучи первоклассным наблюдателем, Кассини определил с высокой точностью периоды осевого вращения Юпитера и Марса, открыл спутники Сатурна Рею, Япет, Тетис и Диону, составил подробную карту Луны, провел многочисленные наблюдения спутников Юпитера, по которым составил известные таблицы, оказавшиеся полезными не только в прикладном смысле, например для морской навигации, но и явившимися наблюдательной основой для пионерской оценки еще в 1676 году датским астрономом Оле Ремером такой фундаментальной мировой константы как скорость света.

Наиболее успешно наблюдение зодиакального света можно проводить в тропиках. Приблизительно через час после захода Солнца на западной части неба вырисовывается свечение (по яркости близкое к Млечному Пути), имеющее вид равнобедренного треугольника с основанием у горизонта. Большая часть этого треугольника простирается вдоль полосы зодиакальных созвездий, по которой происходит видимое перемещение Солнца, больших планет и Луны.

Результаты тщательных измерений, проведенных в последнее время, показали, что около 20% зодиакального света поляризовано, причем поляризация создается в основном пылевыми частицами.

Пополнение зодиакального облака пылевыми частицами обусловлено влиянием различных факторов на их движение и прежде всего планетных возмущений и давления света. Причем возмущающее действие планет может быть настолько сильным, что оно оказывается способным не только изменить орбиты пылинок, но и привести к их падению на планету. На поверхность Земли по различным оценкам в год оседает до 40 000 тонн космического вещества.

Не захваченные планетами пылинки подвергаются следующему медленному испытанию. При движении вокруг Солнца передняя часть пылинки получает больше солнечной радиации, чем задняя, но в пространство

пылинка отдает энергию равномерно во все стороны. Процесс вызывает постепенное торможение пылинки, приводящее к уменьшению радиуса ее орбиты. Под влиянием этого эффекта, называемого эффектом Пойнтинга — Робертсона, межпланетные частички по спирали приближаются к Солнцу и в конце концов падают на его поверхность. Это происходит тем быстрее, чем меньше размеры и плотность частички. Например, каменный шарик радиусом 1 см, движущийся на расстоянии 1 а. е. от Солнца, упадет на него через 20 млн лет. Каменной пылинке радиусом 10 мкм, расположенной в поясе астероидов, понадобится для этого 45 тыс. лет. Для сравнения скажем, что астероид радиусом 1 км падал бы в миллиард раз дольше, если бы, конечно, переизлучал энергию равномерно во все стороны.

Поскольку зодиакальное облако постоянно подвергается действию эффекта Пойнтинга — Робертсона, оно должно непрерывно истощаться из-за падений пылевых частиц на Солнце. По данным академика В. Г. Фесенкова, полное истощение должно было бы наступить через 100 тыс. лет. Источниками, постоянно пополняющими пылевой материей зодиакальное облако, по-видимому, являются метеорные рои и спорадический фон, порождаемые кометами и астероидами.

Все небесные тела, движущиеся вокруг Солнца, испытывают на себе давление солнечного света. Так, например, его действие на Землю в 10 000 млрд раз уступает по силе гравитационному притяжению Земли к Солнцу. Но для пылинок размером менее 10^{-4} см этот фактор действует весьма эффективно. Оказываемое на них давление света сообщает им движение, направленное от Солнца, и в итоге выметает их за пределы Солнечной системы.

В очень темную ночь в области неба, противоположной Солнцу, можно обнаружить слабое рассеянное пятно света, называемое противосиянием. Его максимальная яркость невелика: она эквивалентна яркости двухсот звезд 10-й звездной величины, размещенных на площадке неба $1 \times 1^\circ$. Как показали исследования, противосияние обусловлено рассеянием солнечного света на мельчайших пылинках, выталкиваемых давлением света в противоположную от Солнца сторону.

В заключение этого параграфа о мельчайших астрономических объектах коснемся интересного вопроса, связанного с тандемом комета — метеороиды. Ранее мы по-

дошли к эволюционной цепочке: комета — рой — ассоциация — спорадический фон. Однако наличие короткопериодических роев и практически полное отсутствие соответствующих им комет дает повод некоторым исследователям сомневаться в ее однозначности. В частности, шведский астрофизик Х. Альвен отстаивает идею о том, что метеорные рои являются не продуктами распада, а источниками образования кометных ядер. Однако в настоящее время эта точка зрения большинством специалистов по малым телам системы не разделяется, а некоторые ее принципиальные положения представляются недостаточно обоснованными.

Кроме того, сейчас развивается представление о том, что некоторые рои могут иметь астероидную природу. Но этот вопрос еще требует детального исследования.

Ну, и как же вас наблюдать?

Визуальные наблюдения метеоров невооруженным глазом, являющиеся самым древним и самым дешевым методом наблюдений, оставили глубокий след в истории метеорной астрономии. Их доступность и простота сыграли значительную роль в накоплении обширных наблюдательных данных. На основе этих данных были открыты метеорные потоки, определены орбиты многих метеороидов, обнаружена связь метеорных роев с кометами. В настоящее время визуальный метод сохраняет некоторое научное значение, но в силу повсеместного развития более точных инструментальных методов в основном применяется лишь астрономами-любителями.

Наблюдения слабых метеоров, недоступных невооруженному глазу, астрономы проводили с помощью бинокляров и небольших телескопов еще в конце прошлого века. Правда, из-за малого поля зрения этих инструментов вероятность обнаружения даже очень слабого метеора (а их всегда во много раз больше, чем ярких) невелика, что делает телескопические наблюдения очень утомительными. Но благодаря многолетним усилиям наблюдателей-энтузиастов все-таки удалось получить определенные сведения о численности слабых метеоров и их радиантах.

На смену визуальным методам пришли фотографические. Опыты применения фотографии в астрономии были начаты еще в середине XIX века. Из-за недостаточной чувствительности фотоэмульсий первыми сфотографи-



рованными объектами были Солнце, Луна, планеты и несколько наиболее ярких звезд. Но уже в 1882 году английскому астроному Д. Гиллу удалось получить несколько фотопластинок, буквально усеянных изображениями звезд. Вдохновленные удачей Д. Гилла, братья Поль и Проспер Анри в Париже в том же году с успехом использовали фотографический метод для составления звездных карт, положив начало звездной фотографии.

Через три года Л. Вейннк в Праге сфотографировал первый метеор. Надо сказать, что способ фотографирования метеоров отличается от фотографирования других астрономических объектов. Когда вы исследуете галактику, звезду, комету или астероид, вы наводите на этот объект телескоп и фотографируете его столько времени, сколько вам это необходимо. При желании вы можете многократно повторять эту процедуру. Фотографировать

таким образом метеоры не удастся, поскольку неизвестно, в какой момент и в какой области небесной сферы может на мгновение появиться относительно яркий метеор (правда, случайные фотографии метеоров получались в различных обсерваториях мира, но научного значения они не имели). Необходимо направить в небо камеру с достаточно широким полем зрения, открыв затвор на все время наблюдений.

Даже приблизительное понимание природы небесных объектов невозможно без умения определять расстояния до них. Лишь знание расстояний (но не только их) до тел, порождающих метеоры, позволяет посчитать, сколько они излучают энергии и каковы их массы. Поэтому еще в 1893 году сотрудник Йельской обсерватории в США У. Элкин установил по несколько камер в двух пунктах, разделенных расстоянием 3—5 км, с целью определить методом триангуляции расстояния до тел, порождающих метеоры, и их высоты над поверхностью Земли. На одном из пунктов фотографирование проводилось через вращающийся «пропеллер»-обтюратор, сделанный из велосипедного колеса. При вращении обтюратор перекрывал объективы камер с угловой скоростью от 6 до 10 об/с, и на фотоснимке изображение получалось в виде прерывистой линии, что позволяло определить скорость метеороида.

Эта работа продолжалась до 1909 года, однако результаты ее были частично опубликованы лишь в 1937 году. В 1912 году аналогичные работы были начаты в Великобритании Ф. Линдеманом и М. Добсоном, но продолжались недолго, не дав существенных результатов. У нас в стране первые фотографические наблюдения с двух пунктов начались в 1932 году в Москве под руководством В. В. Федынского. Они проводились на двух камерах, расположенных на расстоянии 2 км друг от друга. Перед объективом одной из них был установлен обтюратор.

Все эти пионерские работы продемонстрировали жизнеспособность фотографических методов наблюдения. В 1936 году в Гарвардской обсерватории Ф. Уипл начал систематические наблюдения метеоров на двух камерах с полем зрения $60 \times 60^\circ$, удаленных друг от друга на 38 км. Несмотря на то что количество сфотографированных метеоров было еще невелико, точность метода благодаря увеличению базиса достигла высокой степени. Ф. Уиплу и его сотрудникам удалось определить высоты,

скорости и орбиты метеороидов, сделать первые оценки их масс и получить значения плотности атмосферы на высотах 80—100 км.

Следующим шагом в развитии фотографического метода явилось создание ряда комплексов из нескольких камер, названных метеорными патрулями. В 1938 году первый метеорный патруль, состоящий из четырех агрегатов по семь камер каждый, был создан в Советском Союзе. В его разработке активно участвовали С. В. Орлов, В. В. Федынский и И. С. Астапович. Патруль, изготовленный в Москве в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга, был установлен на астрономической обсерватории в Душанбе, которая славится рекордным количеством ясных ночей.

Во время второй мировой войны астрономические наблюдения, в том числе и метеорные, во многих странах были прерваны и возобновились лишь в конце 40-х годов. К этому времени американец Д. Бейкер сконструировал метеорную камеру супер-Шмидт, обладающую многими ценными качествами. При поле зрения 55° камера была чрезвычайно светосильна, что позволяло в изобилии фотографировать слабые метеоры до звездной величины 3^m . Поскольку камеры имели целевое назначение и были очень дороги, их изготовили всего 6 экземпляров, 4 из которых установили в США, 2 — в Канаде. Несколько позже в Великобритании была создана похожая камера и установлена на известной обсерватории Джодrell-Бэнк.

В СССР, Чехословакии и некоторых других странах с помощью метеорных патрулей активно велись наблюдения более ярких метеоров (ярче 1^m). В настоящее время крупнейший в мире многокамерный метеорный патруль функционирует в Гиссарской обсерватории Института астрофизики Академии наук Таджикской ССР. Большое количество камер (40) позволяет получать разнообразную информацию о фотографируемых метеороидах, а протяженный базис (34 км) обеспечивает необходимую точность.

Любую камеру метеорного патруля можно превратить в спектрограф, если поместить перед ее объективом стеклянную призму или дифракционную решетку. Но метеорная спектрография при значительном сходстве со звездной имеет ряд особенностей, затрудняющих получение хороших спектрограмм. При фотографировании спектров звезд телескоп, оснащенный призмой или решеткой, на-

водится на звезду и в дальнейшем «следит» за ней с помощью часового механизма. Таким образом звезда может экспонироваться довольно долгое время.

Метеор существует в течение долей секунды, и никакими ухищрениями вы не заставите его появиться вновь. Кроме того, хороший спектр получится только в том случае, если направление движения метеора составит значительный угол (прямой в идеальном случае) с направлением дисперсии решетки. В противном случае спектр не получится, поскольку все линии сольются в одну прямую полосу.

К настоящему времени получено несколько тысяч спектрограмм; в подавляющем большинстве качество их недостаточно высокое, поскольку они имеют небольшое разрешение (многие линии сливаются друг с другом). Разумеется, бывают и замечательные исключения. Так, один из спектров, полученный чехословацким астрономом З. Цеплейхой, содержит более 1000 линий.

Уже отмечалось, что быстрое движение метеоров затрудняет применение классических наблюдений, хорошо разработанных в астрофизике. Долго, например, не удавалось получить истинный фотопортрет метеора; мешало его быстрое движение. Представьте себе, что вы сфотографировали мчащегося мимо вас автогонщика. Глядя на полученный снимок в виде смазанной полосы, вы, вероятно, сможете определить, по какой дороге ехал гонщик, в каком направлении, может быть, даже с какой скоростью. Но вы абсолютно ничего не скажете о том, как он выглядел, во что был одет, автомобилем какой марки управлял. Чтобы получить эту информацию, вам следовало либо остановить гонщика, что невозможно, либо сфотографировать его с такой короткой экспозицией, чтобы на снимке он оказался неподвижным. Долгое время исследователи метеоров находились в аналогичной ситуации: попытки получить фотопортрет метеора оканчивались неудачей.

Наконец, в 1964 году академик АН ТаджССР П. Б. Бабаджанов и одесский астроном профессор Е. Н. Крамер разработали метод, названный впоследствии методом мгновенной экспозиции. В его основе лежит идея уменьшения времени фотографирования метеоров с помощью специально сконструированного вращающегося затвора. Затвор, непрерывно вращаемый электродвигателем, обеспечивает периодическое фотографирование объекта с частотой 50 экспозиций в секунду. Длитель-

ность каждой экспозиции составляет 0,00056 секунды. В среднем за одну ночь число таких экспозиций достигает миллиона. Когда в поле зрения камеры оказывается метеор, то получается от нескольких единиц до нескольких десятков его мгновенных портретов.

Воплотил идею в жизнь талантливый душанбинский механик И. Ф. Малышев, разработавший уникальную конструкцию и своими руками изготовивший весь механизм до последнего винтика. За обманчивой внешней простотой его конструкторских и технических решений стоял не только точный расчет и профессиональная спорка, но и неуловимое постороннему глазу вдохновение мастера, чувствующего тонкую гармонию деталей и узлов, слившихся в единую безупречную систему. Неудивительно, что все попытки повторить конструкцию Малышева без его непосредственного участия пока не увенчались успехом.

После пуска 16 камер в Душанбе И. Ф. Малышев по просьбе профессора Е. Н. Крамера осуществил аналогичную конструкцию и в Одесской астрономической обсерватории.

Первые систематические наблюдения метеоров этим методом были начаты в Институте астрофизики Академии наук Таджикской ССР. Для этой цели использовались 16 неподвижных камер, оснащенных новыми затворами. Автор этих строк был в числе немногих, кому пришлось первыми просматривать проявленный материал. Начало было удручающим, нас постоянно преследовали неудачи. Сотни широкоформатных негативов буквально «обшаривались» вдоль и поперек, и всякий раз финиш поисков разочаровывал: на снимках ничего, кроме густого «леса» из суточных следов звезд, не было. На память не раз приходили дискуссии по поводу эффективности нового метода. Тогда некоторые специалисты полагали, что применение очень коротких экспозиций неприемлемо при фотографировании метеоров. Тем не менее наблюдения проводились регулярно во все ясные безлунные ночи и материал тщательно просматривался.

И вот, наконец, на шестой сотне снимков муки ожидания закончились. Метеоры стали появляться. Сначала это были лишь слабенькие невыразительные штрихи, но потом, по мере того как удавалось сфотографировать более яркие метеоры, картина изменилась. Впервые в мире были получены истинные фотопортреты метеоров, которые отличались большим разнообразием.

В дальнейшем перед объективами восьми камер были помещены дифракционные решетки и получен первый мгновенный спектр метеора...

Еще в конце 20-х — начале 30-х годов в СССР, США и Японии было обнаружено, что на распространение радиоволн влияют эпизодически возникающие очаги ионизации, порождаемые пролетами метеороидов. Действительно, при полете метеороида в атмосфере Земли испарившиеся атомы метеорного вещества, сталкиваясь с молекулами воздуха, теряют электроны. На всем протяжении атмосферной траектории метеора создается ионизационный след, содержащий большое количество свободных электронов. При достаточной концентрации электронов радиоволна, посланная с Земли радиолокатором, отразится от следа, как от миниатюрной ионосферы или твердого тела.

Во время второй мировой войны мощные радиолокаторы в Великобритании использовались для дальнего обнаружения фашистских самолетов и ракет «Фау-2». На первых порах персонал, обслуживавший систему, неоднократно попадал впросак. Локаторы регистрировали отражения от движущейся цели, поднималась тревога, приводились в боевую готовность орудия, с аэродромов взлетали истребители, но ни ракет, ни вражеских самолетов в небе не оказывалось. Причина таких отражений продолжала оставаться загадочной, пока однажды момент отражения радиосигнала не совпал с появлением болида. Ситуация прояснилась, и работники радиолокационной службы разработали методику распознавания ложных сигналов.

После окончания войны определенный период времени средства противовоздушной обороны продолжали работать и «между делом» регистрировать отражения от метеорных следов. Было установлено, что подавляющее количество радиоотражений возникает при абсолютно чистом небе, когда совершенно отсутствуют метеоры, которые можно сфотографировать или увидеть визуально. Это могло означать, что радиолокаторы способны регистрировать значительно более слабые метеоры, порождаемые мелкими метеорными частицами. При этом число радиометеоров намного превышало число оптически наблюдаемых метеоров.

Понятно, что этот факт, а также возможность вести радионаблюдения независимо от времени суток (и днем, и ночью) и состояния погоды (и в дождь, и в снег) обе-

щали большие перспективы. Поэтому не вызывает удивления, что во многих странах развитие радиолокационных наблюдений метеоров приняло очень активный характер. В Советском Союзе серьезные успехи достигнуты в Казани, Харькове, Томске, Обнинске, Душанбе, Киеве.

Характерно, что ионизационный след, образованный метеором, разрушается не мгновенно и электроны в свободном состоянии в достаточно большой концентрации могут существовать от нескольких секунд до десятков и сотен секунд, т. е. радиоотражения от метеорного следа продолжают и после того, как метеорное тело полностью испарилось. Этим немедленно воспользовались исследователи верхней атмосферы. Дело в том, что метеорные следы не остаются неподвижными, а дрейфуют под воздействием верхнеатмосферных ветров и поэтому являются прекрасными источниками информации о скорости и направлениях воздушных течений на высотах 60—120 километров. Этот геофизический аспект радиолокационных наблюдений метеорных следов чрезвычайно сильно стимулировал развитие целой сети метеорных радиолокационных станций на Земле. Как правило, с помощью одной и той же станции параллельно решаются и задачи метеорной астрономии, и геофизические задачи.

Хотя радиолокационный метод наблюдений метеоров позволил получить много сведений о мелких метеорных телах, в особенности об их количестве, его нельзя считать идеальным средством исследования. Во-первых, он уступает фотографическому методу по точности определения различных характеристик метеороидов, во-вторых, не позволяет получать данные о химическом составе мелких метеорных частиц (а это очень важно), в-третьих, все-таки не дает наглядной картины самого метеорного явления, что ограничивает возможности детального исследования индивидуальных метеороидов.

В частности, большое количество косвенных данных указывает на то, что мелкие метеороиды не просто испаряются в атмосфере, а подвергаются и механическому дроблению (о явных проявлениях дробления крупных тел мы позже поговорим подробнее). Исследовать с достаточной определенностью этот вопрос на основе радионаблюдений метеоров не представляется возможным. Поэтому были приняты попытки расширить диапазон оптических наблюдений в область очень слабых метеороидов.

На помощь пришли электронно-оптические преобразователи, способные в сотни и тысячи раз усиливать яр-

кость изображения слабосветящихся объектов. Принцип действия этих приборов основан на явлении фотоэффекта. Под воздействием света, идущего от слабого источника, в вакуумной камере прибора возникает электрический ток, который многократно усиливается вводом добавочной электроэнергии и затем вновь преобразуется в оптическое, но уже усиленное изображение. Таким образом, закон сохранения энергии не нарушается, а усиление изображения происходит за счет добавочной электроэнергии. В комбинации с приемно-передающей телевизионной аппаратурой электроно-оптические преобразователи с успехом были применены для наблюдений метеоров. «Картинки» с изображением метеоров на фоне звезд либо фотографировались с телевизионных экранов, либо записывались на магнитную ленту и воспроизводились по мере необходимости с помощью видеоманитов. Начало этим наблюдениям было положено в США и Канаде в 70-х годах. Чувствительность применяемых систем позволяла регистрировать метеоры до звездной величины 7^m. В СССР аналогичные работы развиваются в Душанбе, Ашхабаде и Киеве. Следует отметить, что применение телевидения и электроно-оптической техники обещает большие перспективы, однако сложность оборудования и технологии наблюдений затрудняет распространение этого метода.

Интересный опыт наблюдения очень слабых метеоров вплоть до 12^m продемонстрировали американский астроном А. Кук и его сотрудники, использовавшие оригинальный оптический телескоп с диаметром зеркала 10 м и специальным блоком регистрации, установленный в Южной Аризоне на высоте 2300 м над уровнем моря. Конструкция необычного зеркала представляет собой отражающую поверхность, составленную из 248 шестиугольных алюминированных зеркал. За 13 часов наблюдений было зарегистрировано более 2200 метеоров, т. е. по 170 метеоров в час. Фантастическая продуктивность, если учесть, что поле зрения телескопа не превышает 1°. Сделав пересчет на всю небесную сферу, А. Кук пришел к выводу, что наблюдаемые метеоры были порождены частицами межпланетного пылевого облака.

Можно не сомневаться, что в ближайшем будущем с развитием телескопостроения с составными зеркалами и усовершенствованием систем регистрации описанный метод наблюдения слабых метеоров найдет самое широкое применение. В настоящее время ученые Крымской астро-

физической обсерватории АН СССР разрабатывают конструкцию телескопа с диаметром составного зеркала 25 м.

В этом беглом описании методов наблюдения мы не коснулись двух вещей: специальных наблюдений болидов и регистрации метеороидов приборами, установленными на космических аппаратах. Об этом мы расскажем несколько позже.

Атакуем атмосферу!

Вторгаясь в земную атмосферу, метеороиды взаимодействуют с молекулами воздуха. Степень этого взаимодействия и его последствия во многом зависят от скорости метеороида. Вспомните, что маленький камешек, легонько брошенный в оконное стекло, не оставит на нем даже царапины. Если же этот камешек метнуть из рогатки, стекло разлетится вдребезги.

Скорости входа метеороидов в земную атмосферу заключены в интервале 11,2—72 км/с. Причем предельные значения скоростей метеороидов определяются так называемой скоростью убегания с Земли и из Солнечной системы (иначе говоря, с соответствующей второй космической скоростью). Скорость убегания с Земли равна 11,2 км/с, и ни один метеороид не может войти в земную атмосферу, имея скорость относительно движения Земли меньше, чем эта. Скорость убегания из Солнечной системы на расстоянии Земли от Солнца равна 42 км/с. Но поскольку скорость орбитального движения Земли вокруг Солнца составляет примерно 30 км/с, то, естественно, максимально возможная скорость относительно Земли у встречного метеороида равна приблизительно 72 км/с. Это очень большая скорость: если переведем ее в более привычные для нас единицы — километры в час, то получим фантастическую скорость — почти 260 000 км/ч. (Для сравнения напомним, что, например, скорость современного сверхзвукового самолета составляет 3000 км/ч, а скорость пули, выпущенной из ружья, еще меньше.)

Благодаря высокой скорости даже ничтожный по массе метеороид обладает огромной кинетической энергией (половина произведения массы тела на квадрат скорости). Кинетическая энергия ружейной пули массой 6,8 г составляет 2 кДж, в то время как энергия метеороида такой же массы, обладающего скоростью 72 км/с, равняется около 20 000 кДж. Влетая в земную атмосферу, такое тело обрушивает на встречные молекулы воздуха удар

страшной силы. При этом достается и самому телу: каждое соударение притормаживает его стремительный бег и чуть-чуть разогревает ничтожно малый участок его лобовой поверхности. Чем глубже тело проникает в атмосферу, тем чаще оно ощущает взаимодействие молекул, число которых резко возрастает с приближением к поверхности Земли.

Вспомните, как дождевые капли «взаимодействуют» с зонтиком. Вначале на зонтик падают лишь редкие первые капли, но по мере усиления дождя капли барабанят все чаще и чаще и наконец переходят в сплошной ливень. У метеороида уже на высоте порядка 100 км сила сопротивления молекул воздуха создает давление на каждый квадратный сантиметр поверхности тела в несколько килограммов, а на высоте 60 км — в тысячи раз больше. Поэтому многие метеороиды подвергаются механическому дроблению на отдельные осколки. Хрупкие тела дробятся на больших высотах, прочные — на меньших.

Чрезвычайно быстро происходит разогрев метеороида. За считанные секунды, иногда и доли секунды, температура его лобовой поверхности поднимается до 2000—3000 К, расплавленное метеорное вещество начинает испаряться, образуя вокруг тела плотное светящееся газовое облако. Начало свечения облака и воспринимается нами как появление метеора. В момент наивысшей скорости испарения яркость метеора достигает наибольшего значения.

Обычно вдоль пути метеора его яркость возрастает постепенно до максимального значения, а затем уменьшается до нуля. Но иногда наблюдаются внезапные вспышки яркости. Причина вспышек долгое время была предметом оживленных дискуссий. Не вдаваясь в подробности, заметим, что наиболее правдоподобно выглядела идея, основанная на дроблении метеороида на осколки. Суммарная поверхность множества осколков во много раз превышает поверхность родительского тела, что приводит к резкому увеличению скорости испарения метеорного вещества и, следовательно, к возрастанию яркости метеора. Блестящим подтверждением правильности этого предположения явились снимки метеоров и болидов, полученные в Душанбе методом мгновенной экспозиции.

Проиллюстрируем сказанное на примере замечательного болида, сфотографированного в Душанбе 19 июля 1977 года. Болид был медленным, ярким и настолько про-

должительным, что позволил получить на снимке 92 изображения вместо обычных 10—20. Появившись на небе едва заметной звездочкой, он стремительно разрастался и через 1,5 с, когда метеороид, пролетев 30 км сквозь все

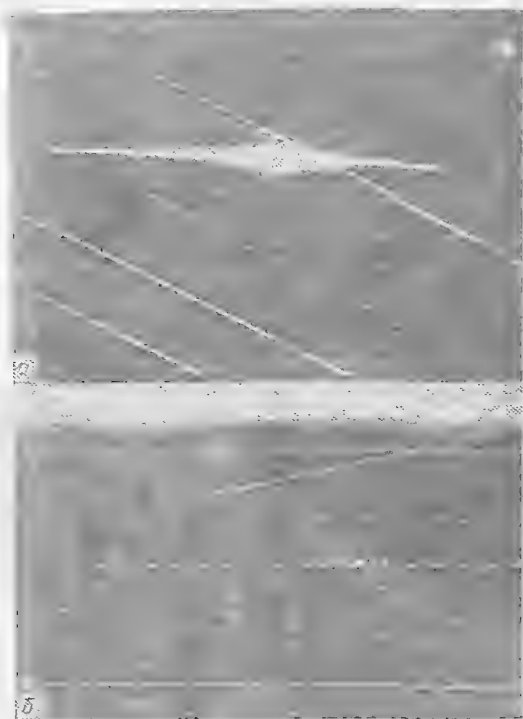


Рис. 15. *а* — Снимок болида, полученный обычным методом фотонаблюдений. *б* — Четыре последовательных снимка, сделанных методом мгновенных экспозиций. Видно целое семейство осколков, движущихся как самостоятельные метеоры

более уплотняющуюся атмосферу, внезапно разделился на множество осколков, увеличил яркость почти в 100 раз.

На рис. 15, *а* представлен снимок болида, полученный обычным методом фотонаблюдений, на рис. 15, *б* — четыре последовательных снимка, сделанных методом мгновенной экспозиции (направление движения болида на обоих снимках слева направо). Последние снимки воспроизводятся в другом масштабе, поэтому из соображения

экономии места общий снимок разделен на четыре последовательных отрезка, помещенных друг под другом. На обычном снимке болид после вспышки выглядит как непрерывная сужающаяся светлая полоса («фотография автогонщика, смазанная его движением»).

На мгновенном снимке видна серия «портретов» болида. После вспышки обозначилось целое семейство осколков, движущихся как самостоятельные метеоры. Осколки имеют разные размеры, а траектория одного из них отличается от траекторий остальных. Естественно, что при обработке уникального снимка эта сторона явления вызвала повышенный интерес. На основе точных измерений координат осколков и яркости их следов удалось получить очень ценные сведения о характере торможения метеороидов в атмосфере и оценить энергию дробления. На снимке получены прямые свидетельства того, что процессом, ускоряющим разрушение метеороида, может быть отделение крупных и мелких фрагментов. При этом самые мелкие испаряются сразу после дробления, порождая яркую вспышку.

Исключительную ценность представляет и спектр болида, полученный также по методу мгновенной экспозиции, содержащий большое количество линий железа, магния и натрия.

Откуда же пришел к нам космический странник? Каково его происхождение?

Некоторые косвенные признаки (сравнительно малая скорость входа в атмосферу — 23 км/с, обилие линий железа в спектре) как будто бы указывали на то, что метеороид родился в поясе астероидов. Однако расчеты, основанные на данных наблюдений, дали вытянутую орбиту, простирающуюся за пределы орбиты Юпитера. Подобные орбиты чаще всего имеют кометы. Как мы помним, некоторые из них, разрушаясь под действием солнечного тепла, порождают рой метеороидов. Было заманчиво попробовать найти комету — возможную родительницу метеороида. Сложность задачи усугублялась тем, что влияние тяготения больших планет со временем изменяет орбиты кометы и орбиты порожденных ею метеороидов. Поэтому необходимо проследить эволюцию орбит на сотни и тысячи, а лучше на миллионы лет в прошлое.

Поиск кометы для нашего метеороида потребовал большого объема вычислений на ЭВМ с перебором данных о многих известных кометах. Среди известных объектов наиболее вероятным кандидатом оказалась комета

Деннингта I, открытая в 1881 году. Но не будет ли открыт на такой же орбите и астероид?

По-видимому, за всю историю фотографических исследований метеоров ни один из них не давал такого обилия сведений о себе. Снимки этого метеора и его спектра экспонировались на ВДНХ СССР в павильоне «Космос» на постоянно действующей выставке Академии наук СССР. Результаты исследований доложены на симпозиуме Международного астрономического союза «Твердые частицы в Солнечной системе» в Оттаве в 1978 году и опубликованы в материалах этого симпозиума. Однако нужно еще получить много подобных и других снимков, чтобы в полной мере изучить многообразие процессов, сопровождающих движение метеороидов в земной атмосфере.

Как мы уже отмечали, в ходе столкновений испарившихся атомов метеорного вещества с молекулами воздуха происходит не только возбуждение, но и ионизация взаимодействующих частиц. В результате отрыва электронов от атомов и молекул вдоль пути метеороида образуется плазменный след, представляющий смесь положительных ионов и свободных электронов, рассеивающих радиоволны. Степень рассеяния определяется количеством электронов на единичном участке пути. Если концентрация электронов меньше некоторой определенной величины, то радиоволна свободно пронизывает след. Такие следы называются ненасыщенными и существуют доли секунды.

В насыщенных следах концентрация электронов настолько велика, что радиоволна, не проникая внутрь следа, отражается от него. Такие следы существуют десятки секунд, в отдельных случаях даже десятки минут. Иногда насыщенные следы хорошо наблюдаются визуально.

Физические процессы, протекающие в метеорных следах, сложны и многообразны. Свободные электроны, обладающие большой подвижностью, довольно быстро теряют свою свободу, сталкиваясь с положительно заряженными ионами или «прилипая» к нейтральным молекулам воздуха. Тем не менее метеороиды различных размеров настолько часто посещают верхние слои атмосферы, что на некоторых высотах электроны метеорного происхождения практически неисчерпаемы.

Известно, что в слое E ионосферы, на высотах 100—120 км, днем свободных электронов примерно в 10 раз больше, чем ночью. Ничего необычного в этом нет, ведь

солнечное излучение действует как мощный ионизирующий агент. Однако было замечено, что в течение ночи иногда наблюдаются внезапные возрастания электронной концентрации. Мало того, имеются неоднократные примеры совпадения времени появления метеоров, наблюдаемых визуально, с пиками ионизации в ионосферном слое E. Во время действия метеорного дождя Драконид в 1946 году было отмечено появление очень стойкого ионизационного слоя, державшегося несколько часов.

Таким образом, мелкие и крупные метеороиды, непрерывно «засоряя» земную атмосферу всякого рода примесями, влияют на ее пылевой и ионный состав. Любопытно, что это обстоятельство удалось использовать в практических целях. Еще в 40-х годах было замечено, что иногда в момент появления яркого метеора устанавливалась кратковременная радиосвязь между передатчиком и приемником, отстоящими друг от друга на тысячи километров. Возникла идея использовать случайные метеорные вспышки в качестве каналов радиосвязи на сверхвысоких частотах. Правда, практическое воплощение иногда очень простой и оригинальной идеи оказывается связанным с большим количеством технических сложностей.

Тем не менее сейчас существует достаточно много станций радиосвязи, «эксплуатирующих» метеоры. Учитывая специфику работы метеорного канала (в среднем несколько десятков долей секунды каждую минуту), передача и прием информации идет в ускоренном темпе. Передаваемая информация, зашифрованная в двоичном коде, содержится в специальном накопителе. Как только «открывается» метеорный канал связи, в эфир поступает порция сообщений, передающихся со скоростью до 10 000 двоичных знаков в секунду. Принятая информация также поступает в накопитель, а затем дешифруется. Такая система в большинстве случаев надежна и устойчива. Так, например, метеорная линия связи, работающая на волне 8 м, способна обеспечить непрерывную четкую работу нескольких телетайпов.

Пушинки или камешки?

Непосредственно определить массу, плотность, структуру и химический состав метеороидов можно в единственном случае, а именно, когда в руках исследователя оказываются метеориты. Иногда, правда, это еще удастся сделать при лабораторном анализе космиче-

ских пылинки, обнаруженных в океанических отложениях, арктических ледниках и выловленных в атмосфере. В остальных случаях мы можем уповать лишь на данные наблюдений метеоров и зодиакального света и на сведения, полученные в результате регистрации столкновений пылинки со специальными датчиками, установленными на космических аппаратах. При этом оценить физические характеристики индивидуальных метеороидов удастся весьма приближенно.

В табл. 3 указаны приблизительные интервалы масс мет ороидов, регистрируемых наземными и космическими средствами.

Т а б л и ц а 3

е е в ы е х а р а к т е р и с т и к и м е т е о р о и д о в в с о г л а с н о
р а з л и ч н ы м н а б л ю д е н и я м

Метод регистрации	Масса метеороидов, г
Фотографические и визуальные наблюдения метеоров	$10^5 - 10^{-2}$
Радио-, телевизионные, электронно-оптические и телескопические (10-метровый телескоп) наблюдения метеоров	$1 - 10^{-5}$
Регистрация на космических аппаратах и наблюдение зодиакального света и противостояния	$10^{-6} - 10^{-14}$

Долгое время подавляющее большинство исследователей не сомневалось, что плотность всех метеороидов близка к плотности железных и каменных метеоритов (в среднем 7,8 и 3,5 г/см³). Кризис наступил в 1952 году, когда Ф. Уиппл по данным базисных фотографических наблюдений метеоров получил значения плотности метеороидов менее 1 г/см³. По мнению Уиппла, полученные значения плотности вполне реальны, если иметь в виду, что большинство метеороидов образуется в результате распада кометных ядер. По сложившимся представлениям кометные ядра — это ледяные глыбы, содержащие большое количество космической пыли. При испарении льда, состоящего в основном из замороженных газов, пылинки слипаются и покидают ядро кометы в виде пористых непрочных образований — метеороидов. Обладая хрупкой

структурой, такие тела при взаимодействии с верхними слоями земной атмосферы легко дробятся на осколки.

Среди рыхлых непрочных метеороидов первенство держат члены Драконид, генеалогическое древо которых берет свое начало от кометы Джакобини — Циннера. Об этом красноречиво говорит ряд характерных признаков. Например, длина атмосферной траектории каждого метеора не превышает 10 км, в то время как у метеоров других потоков она может достигнуть 30 км и более. Высоты исчезновения Драконид в большинстве случаев составляют 90—95 км, за редким исключением опускаясь до 85 км. В то же время по яркости метеоры Драконид сравнимы с метеорами и болидами, исчезающими в интервале высот 70—80 км. Все это свидетельствует о катастрофически быстром разрушении Драконид в атмосфере.

В 1955 году в Северной Ирландии Э. Эпик, проанализировавший имевшиеся данные, пришел к заключению, что все эти аномалии становятся понятны, если метеороиды Драконид представляют собой непрочные пылевые шары. Плотность таких образований равна плотности свежеснеженного снежного «пуха». Влетев в атмосферу, такой «одуванчик» рассыпается на тысячи пылинок и очень быстро испаряется.

Примечательно, что Дракониды стоят «на левом фланге» не только по значениям плотности и скорости разрушения, но и по особенностям своего химического состава (о методе его определения будет рассказано чуть позже). Очень жаль, что процесс получения свежих данных о редком метеорном потоке приостановлен природой на неопределенное время.

Обработав наблюдательные данные большого количества метеоров, чехословацкий астроном З. Цеплеха подразделил все метеороиды на несколько групп: от рыхлого кометного вещества типа Драконид с плотностью $0,2 \text{ г/см}^3$ до наиболее прочных метеоритов с плотностью $3,7 \text{ г/см}^3$. Если добавить еще железные метеориты, то интервал возможных значений плотности метеороидов расширится до $7,8 \text{ г/см}^3$.

Следует заметить, что представления о хрупкой структуре и малой плотности большинства метеороидов пока признаются не всеми. Англичанами Дж. Джонсом, Т. Кайзером, советским исследователем В. Н. Лебединцом и другими было показано, что проявление дробления может быть вызвано особенностями разрушения железных и каменных частиц, обусловленными неоднородностью их

состава и другими причинами. Так, например, увеличение поверхности испарения может происходить не за счет дробления тела, а вследствие сноса большого количества капель расплавленного вещества, что также будет приводить к ускорению разрушения тела и ускорению траекторий метеоров.

Для решения общей фундаментальной проблемы о происхождении и эволюции Солнечной системы очень важно получить полное представление о химическом составе всех ее обитателей. Пока еще нет возможности доставить образцы метеорного вещества на анализ в физическую или химическую лабораторию. Точно так же нет в этих лабораториях образцов солнечного и звездного вещества. Но наука знает достаточно много о звездном и особенно солнечном веществе. Мало того, некоторые химические элементы (например, гелий) были обнаружены вначале на Солнце и лишь затем на Земле.

Метод, с помощью которого удастся познакомиться с химическим составом небесных тел, удаленных от нас на миллиарды километров, подарил нам И. Ньютон. Он первым обратил внимание, что если луч света пропустить через призму, то свет разложится в спектр на семь цветов радуги. Помните, как в школьные годы нас учили запоминать последовательность цветов: каждый охотник желает знать, где сидит фазан. Первые буквы слов указывают порядок цветов в спектре: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Впоследствии стало ясно, что свет разного цвета испускают нагретые тела различной температуры.

Если излучающее тело твердое и непрозрачное, то спектр будет непрерывным и цвета будут постепенно переходить друг в друга. Если излучает высокотемпературный газ, то спектр будет состоять из отдельных ярких линий. Если же излучает твердое тело, окруженное оболочкой более холодного газа, то на фоне непрерывного спектра, идущего от тела, будут видны темные линии поглощения этого газа.

Примечательная особенность спектральных линий состоит в том, что их взаимное расположение в спектре строго фиксировано. Каждая линия соответствует определенному энергетическому переходу атома определенного вещества, и, следовательно, по расположению линий можно точно определить, какому именно химическому элементу они принадлежат. Правда, процедура измерения и отождествления линий в спектрах — задача сложная и

трудная. Во-первых, это связано с обилием линий различных элементов. Так, число спектральных линий у никеля составляет 505, у кобальта — 920, а у железа — 3045. Разумеется, не все линии каждого элемента присутствуют в спектре, но все-таки их бывает достаточно много. Во-вторых, линии так тесно располагаются друг к другу, что порой их удается разделить лишь с большим трудом.

Лучи света, разложенные в спектр, несут нам в зашифрованном виде сведения и о таких важных параметрах светящегося метеорного облака, как температура, давление и количественное содержание различных химических элементов. Американскому астрофизику А. Аллору принадлежит остроумное сравнение спектров с отпечатками пальцев. Правда, отпечатки пальцев дают ценную информацию, если только при их снятии не злоупотреблять мастикой (иначе вместо тонкого характерного рисунка получатся грубые невыразительные пятна). Роль мастики в метеорном спектре играет свет. При получении спектра обычным (немгновенным) способом избежать избытка «световой мастики» не удастся. Порожденная излучением коротко- и долгоживущих метеорных следов, она накапливается на фотоэмульсии, искажая истинный рисунок спектра.

Следовательно, мгновенные спектры, в которых линия «мастика» остается «за кадром», имеют решающее преимущество перед обычным. К сожалению, как уже говорилось, их получение сопряжено с большими техническими и методическими трудностями, обусловленными случайным характером появления метеоров в различных областях неба.

К настоящему времени в спектрах метеоров отождествлены линии атомов и ионов, принадлежащих водороду, натрию, магнию, кремнию, кальцию, хрому, марганцу, железу, никелю. Как мы увидим дальше, эти элементы обнаружены в метеоритах при лабораторном анализе.

Хотя в исследованиях физических характеристик и химического состава метеороидов имеются определенные успехи, полученные результаты еще недостаточно надежны. И здесь определенную пользу могут принести эксперименты по созданию искусственных метеоров путем запуска с ракеты твердых тел («метеороидов») с известными массой, плотностью и химическим составом. Несмотря на то что постановка таких экспериментов требу-

ет высокого инженерного искусства, несколько успешных попыток было осуществлено. Правда, «метеороиды», созданные в лабораториях на Земле, были сплошь стальные, железные и алюминиевые, да и выстреливались они со скоростями, не превышающими 16 км/с. Поэтому полученные пока результаты не имеют решающего значения.

Следующие шаги в этом направлении будут, по-видимому, связаны с запусками рыхлых и хрупких частиц, имеющих сложный химический состав, но такие эксперименты требуют привлечения еще более сложного оборудования и разработки тонкой методики.

Дуют ли ветры на больших высотах?

Еще в середине 30-х годов советские исследователи В. В. Федынский и К. П. Станюкович предприняли попытку получить данные о плотности, давлении и температуре верхних слоев атмосферы на основании фотографических наблюдений метеоров. Затем такого рода работы были развернуты в США Ф. Уинлом и Л. Якия, причем наряду с определением указанных параметров изучались их изменения в зависимости от времени года. Много полезных сведений было получено с помощью различных методов и наблюдений в периоды широких научных исследований по программам Международного геофизического года, Международного года Солнца, Международного года спокойного Солнца, в которых активное участие приняли коллективы советских ученых, возглавляемые И. С. Астаповичем, П. Б. Бабаджановым, О. И. Бельковичем, Л. А. Катасевым, Б. Л. Кашеевым, Н. П. Коноплевой, К. В. Костылевым, Е. Н. Крамером, В. Н. Лебединцом, В. В. Сидоровым, В. В. Федынским, Е. И. Фиалко, В. П. Цесевичем.

Последние 20 лет в связи с задачей исследования скорости и направления ветра в верхней атмосфере наибольшее распространение получили методы зондирования атмосферы с помощью геофизических ракет и регистрации смещения (дрейфа) метеорных следов радиолокационными средствами. Если области атмосферы, расположенные на высотах, значительно превышающих 110 км, достаточно активно исследуются с помощью спутников, то метеорная зона оказывается для подобных исследований малодоступной: спутники на орбитах высотой 60—110 км не летают.

В области ниже 80 км хорошо зарекомендовал себя ракетный метод. Например, только одной глобальной сетью станций метеорологического ракетного зондирования США осуществлены десятки тысяч ракетных «визитов» в атмосферу. Что касается интервала высот 80—110 км, то необходимое количество данных можно получить только по радионаблюдениям метеорных следов. Эта область атмосферы представляет огромный интерес, поскольку вследствие поглощения солнечного излучения там наблюдается резкое увеличение температуры с высотой, приводящее к внезапным «порывам» ветра, достигающим иногда сотен метров в секунду.

Уже к 1970 году действующая радиометеорная геофизическая сеть насчитывала двадцать три станции, расположенные в различных странах в полосе от 80° с. ш. до 60° ю. ш. В числе восьми станций Советского Союза активно работала в Восточной Африке советская экваториальная метеорная экспедиция (1968—1970 гг.), организованная В. В. Федынским, П. Б. Бабаджановым и Б. Л. Кащеевым.

Необходимость экспедиции диктовалась отсутствием метеорных радиолокационных станций в экваториальном поясе от 38° с. ш. до 35° ю. ш. и, следовательно, существенным пробелом в знаниях об атмосферных процессах в экваториальной зоне. За два года регулярной деятельности экспедиции удалось получить данные о скорости и направлениях преобладающих движений в верхней атмосфере, выявить особенности поведения верхнеатмосферного ветра в зависимости от сезона и от времени суток.

Сделать это было непросто. Неприятным сюрпризом явилось очень частое возникновение в ионосфере областей с повышенной пространственной плотностью электронов. Такие псевдометеоры запутывали истинную картину, внося в работу участников экспедиции дополнительные трудности. Тем не менее полученные результаты явились значительным вкладом в создание наблюдательной основы для построения модели общей циркуляции верхней атмосферы.

Неоценимую помощь участникам экспедиции оказал Семен Петрович Дюкарев, страстный поклонник и тонкий ценитель астрономической науки, в то время работавший послом Советского Союза в Республике Сомали. Не ограничиваясь общедоступной популярной информацией о предмете своего замечательного хобби, он уже много лет посвящает свой досуг любительским наблюдениям,

устремляя миниатюрный телескоп то в небо Восточной Азии, то Африки, то Южной Америки, то родного Подмосковья.

В настоящее время на большинстве этих станций ведутся исследования в соответствии с Международной программой «Глобмет» (глобальные метеорные исследования), включающей в себя организацию широкой сети метеорных радиолокационных станций по всему земному шару.

Популярности радиометодов способствует то обстоятельство, что в их основе лежат простые физические



Рис. 16. Радиотелескоп в Аресибо (Пуэрто-Рико)

представления, а также обилие дешевых источников информации — метеорных следов. Кроме того, эти методы сравнительно легко поддаются автоматизации при сочетании радиолокатора с электронной вычислительной машиной, что способствует получению многочисленных и надежных данных.

Так, в Харьковском институте радиоэлектроники разработана и успешно эксплуатируется оригинальная многофункциональная автоматизированная радиолокационная система. За 10 лет регулярных радионаблюдений

метеоров получены более 200 тысяч орбит мелких метеорных тел. Это исключительно ценный материал для решения многих астрономических и геофизических задач.

В марте — апреле 1989 года автор этих строк по приглашению Корнеллского университета штата Нью-Йорк участвовал в оптических наблюдениях метеоров и болидов на знаменитой обсерватории Аресибо (остров Пуэрто-Рико) (рис. 16) в рамках международного проекта АИДА (Аресибо Инициатива в исследовании Динамики Атмосферы).

Совместная работа с такими признанными авторитетами в исследовании средней и верхней атмосферы как Роберт Роупер (Технологический институт в Атланте, штат Джорджия), Джон Метьюз (Пенсильванский университет в Филадельфии, штат Пенсильвания), Колин Хайнс (обсерватория Аресибо Корнеллского университета), Алап Питерсон (Уайтворз колледж, штат Вашингтон) и другими учеными из разных стран прошла успешно.

Решению организационных проблем немало способствовали директор обсерватории Аресибо М. Девис, заместитель председателя Межведомственного геофизического комитета АН СССР В. А. Нечитайленко и директор института астрофизики АН ТаджССР М. Н. Максумов.

В лесистых горах острова Пуэрто-Рико родился замечательный пример международного научного сотрудничества, пример атмосферы искренности и единомыслия, высокого профессионализма и доверительной этики, взаимодействия и большой дружбы. Этот международный «подряд» действовал настолько слаженно и творчески вдохновенно, что само небо, вначале мурое и «неулыбчивое», задрапированное в серые печальные облачные доспехи, не выдержало и подарило те самые ясные ночи, которые так необходимы при любых оптических наблюдениях.

Сейчас результаты «перевариваются» в машинном «котле» проекта АИДА и скоро станут достоянием специалистов, а может быть, в популярном изложении и вашим достоянием, дорогие юные читатели.

А что «говорят» космические аппараты?

С появлением автоматических и пилотируемых космических аппаратов изучение метеороидов приобрело практическое значение. Хотя число метеороидов быстро убывает с ростом их массы, вероятность повреж-

дения аппарата в случае метеороидного удара не равна нулю. Несколько раньше мы уже касались вопроса о разрушительной силе подобных «снарядов». Правда, по имеющимся оценкам столкновение корабля с метеороидом, обладающим, например, энергией, эквивалентной энергии взрыва 100 г тринитротолуола, может произойти приблизительно раз в 300 лет. Встреча с более мелкой частицей, способной пробить отверстие в незащищенной специальным экраном оболочке корабля, может происходить каждые 1,5 года (подобные экраны защищают основные узлы и отсеки орбитальных космических станций).

Однако мельчайшие частицы и пыль будут непрерывно бомбардировать корабль. Их воздействие не приводит к заметному износу металлических поверхностей, но подвергает эрозии оптику и различную «нежную» оснастку корабля. Такая непрерывная атака создает и благоприятные возможности для исследования метеорного вещества прямыми методами: с помощью специальных датчиков, установленных на космических аппаратах, можно регистрировать удары метеороидов. Важность таких экспериментов обусловлена двумя причинами. Во-первых, можно получить информацию о пылевой составляющей метеорного комплекса, недоступную другим методам; во-вторых, получить сведения о метеорных роях и ассоциациях, пути которых в пространстве не пересекают орбиту Земли.

Специальные устройства для регистрации соударений с метеорными частицами неоднократно устанавливались на различных космических аппаратах. Производились и целевые запуски искусственных спутников Земли, предназначенные для оценки степени метеорной опасности и исследования метеорного вещества вблизи Земли. Так, например, на борту ИСЗ «Эксплорер-16» было установлено несколько стальных экранов толщиной от 25 до 150 мкм. Регистрация пробоя метеороидом осуществлялась с помощью тонких золотых сеток, размещенных на внутренних стенках экранов, так что каждая сетка составляла единую электрическую цепь. При пробое экрана метеороидом и разрушения сетки цепь разрывалась, что по телеметрии и регистрировалось наземной приемной станцией.

На этом же спутнике устанавливались 150 полусферических герметичных камер, изготовленных из медно-бериллпевой фольги различной толщины, напол-



ненных гелием. Пробой в стенке приводил к падению давления в камере, что также нарушало контакт в цепи.

Результаты экспериментов показали, что пробивная способность космических пылевых частиц ниже, чем расчетная: факт, интерпретируемый в пользу рыхлой структуры и малой плотности частиц. Кстати, проведение эксперимента совпало с действием потоков Геминид и Квадрантид (группа звезд, расположенных на стыке созвездий Волопаса, Геркулеса и Дракона, раньше называлась Стенной Квадрант; отсюда название потока), но число пробоев не увеличивалось по сравнению со временем, когда потоки отсутствовали, что соответствует данным радиолокационных наблюдений о незначительном количестве мелких тел в некоторых метеорных роях.

Исключительный интерес представляют полеты автоматических межпланетных станций к большим планетам, поскольку с их помощью удастся прозондировать области пространства, расположенные вдали от орбиты Земли. Уже полет к Юпитеру станции «Пионер-10» принес богатые результаты: при пересечении ею пояса астероидов не было отмечено повышения концентрации мельчайших частиц размерами от 1,5 мм до 10 мкм, но за-

метно увеличилось число более крупных тел — размером 1,5—15 см, которые наблюдались с помощью оптического телескопа, установленного на борту этой станции.

Проскочив благополучно (вопреки ожиданиям) пояс астероидов, «Пионер-10» устремился за пределы Солнечной системы. 13 июня 1983 года «Пионер-10» пересек орбиту Нептуна и взял курс в направлении упоминавшейся нами звезды Барнарда. И как, вероятно, знает читатель, первый автоматический курьер, отправленный в Галактику, несет на своем борту стальное письмо, содержащее закодированные сведения о нашей цивилизации.

По тому маршруту был отправлен «Пионер-11», успешно совершивший «нырок» в самую гущу знаменитых колец Сатурна и приславший сообщение, что они состоят из осколков льда сантиметровых размеров. Кстати, кольца Юпитера состоят из несметного числа мелких твердых частиц, среди которых могут быть и ледяные.

От яркого болида к метеоритному дождю

В Москве на улице Марши Ульяновой находится Комитет по метеоритам Академии наук СССР, в котором висит картина «Падение Сихотэ-Алинского метеорита». Ее написал художник П. И. Медведев, по счастливой случайности оказавшийся очевидцем уникального явления. 12 февраля 1947 года он увидел необычайно яркий болид, пронесшийся по небу и скрывшийся за горизонтом. День был солнечный, но болид светил ярче Солнца. Через несколько минут после исчезновения болида послышались звуки, напоминающие оружейную канонаду. Несколько часов на месте траектории болида был виден его след.

П. И. Медведев был потрясен увиденным и, что называется «не сходя с места», восстановил полет болида на известном теперь холсте. И сегодня каждый из нас, посмотрев картину, может, пусть в малой степени, почувствовать себя свидетелем грандиозного небесного явления. Явления, известного сейчас как падение Сихотэ-Алинского метеорита — самого крупного железного метеорита, полет которого в атмосфере происходил на глазах у многих очевидцев.

Метеорит выпал в отрогах Сихотэ-Алинского хребта в Приморском Крае в виде обильного «железного дождя». За все время исследований района падения было найдено на поверхности и извлечено из грунта множество оскол-

ков гигантского тела, имевших массу от долей грамма до нескольких тонн. Общая масса доставленного в Москву метеоритного вещества превысила 37 т, причем предполагается, что много вещества осталось в тайге. Несмотря на то что метеорит был железный, он многократно дробился в атмосфере, породив великое множество осколков. Когда вы пытаетесь бросить ком сухого рыхлого снега, то он, не долетая до цели, рассыпается в полете. На него действует сила сопротивления воздуха. Сихотэ-Алинский метеорит во много раз прочнее снежного кома, однако вследствие громадной скорости движения метеорита в атмосфере сила сопротивления воздуха, давящая на метеорит, достигает огромных значений.

Многочисленные осколки, собранные в месте падения, представляли собой не просто части одного целого, но и содержали в себе информацию о критических стадиях разрушения метеорита. Анализируя формы различных осколков, Е. Л. Кринов выделил три стадии дробления метеорита. На первой стадии громадное метеорное тело, сохранявшее космическую скорость, раскололось на осколки, которые в дальнейшем взаимодействовали с атмосферой, оплаваясь и покрываясь корой плавления (при этом сгладились все острые углы и выступы осколков). На второй дробились наиболее крупные осколки, на поверхности которых при дальнейшем полете к Земле сохранились следы оплавления (но углы и выступы сгладиться не успели). На третьей стадии, наступившей на высоте, где скорость метеорита значительно уменьшилась, осколки после дробления даже не оплавившись, сохранив поверхности разломов в практически нетронутом атмосферой виде.

По оценкам тело, проникшее 12 февраля 1947 года в атмосферу Земли, имело начальную массу не менее 40 т. Какова же его природа?

Совокупность многих косвенных данных указывает, что Сихотэ-Алинский метеорит является осколком астероида. Биография подавляющего большинства найденных на Земле метеоритов менее определена. Ведь отсутствуют сведения об орбитах этих метеоритов до их падения на Землю. Восстановить путь вокруг Солнца космических тел, выпавших на нашу планету десятки, сотни, тысячи и миллионы лет назад, не представляется возможным.

Единственный наиболее надежный здесь путь — это фотографирование атмосферной траектории метеорита с

двух или более удаленных друг от друга пунктов. Впервые, случайно, это удалось сделать чехословацким астрономам 7 апреля 1959 года. Болид, порожденный метеороидом, был сфотографирован метеорным патрулем Онджеевской обсерватории и корреспондирующими станциями. В результате детальной обработки снимков было установлено, что космическое тело, породившее болид, не могло полностью разрушиться в атмосфере и остатки его должны выпасть на поверхность Земли. Определив район падения, астрономы организовали поиск и действительно нашли в местечке Пшибрам несколько обломков каменного метеорита. Расчеты показали, что метеорит Пшибрам (метеориты получают названия по месту их падения) имел типично астероидную орбиту.

Это случайное фотографирование атмосферной траектории метеорита стимулировало разработку аппаратуры для подобного рода наблюдений. Поскольку болид — очень яркий метеор, а мы знаем, что число метеоров с увеличением их яркости резко убывает, необходимо постоянно держать под контролем все небо, чтобы не упустить ни одного болида. З. Цеплеха остроумно решил эту проблему, сконструировав небольшие и сравнительно дешевые камеры, главным элементом которых служило выпуклое алюминированное зеркало, отражающее изображение всего неба в объектив фотоаппарата.

Такие камеры были рассеяны на территории Чехословакии в среднем на расстоянии 100 км друг от друга. Недостатком этих камер являлась малая светосила, позволявшая фотографировать только болиды ярче -6^m . Впоследствии эта часть камер была заменена на новые миниатюрные камеры, оснащенные светосильными объективами «Рыбий глаз», имеющими поле зрения 180° . Эти камеры охватывают все небо единым взглядом и не требуют применения выпуклого зеркала (рис. 17). Количество станций было увеличено, часть из них была размещена на территории ГДР и ФРГ. Эта система станций получила название Европейской болидной сети. Разворачивались болидные сети и в других странах: СССР, США, Канаде, Великобритании. В США сеть болидных камер была размещена на равнинах прерий и названа Прерийной сетью.

Задача, которую ставили перед собой ученые, заключалась в фотографировании траекторий болидов с нескольких пунктов и в нахождении по ним районов выпадения метеоритов с дальнейшим определением орбит

порождающих их тел (рис. 18). После удачи с метеоритом Пшибрам казалось, что специализированные болидные сети могут дать в этом смысле богатейший материал.

Болидов, действительно, было сфотографировано много — только одной Прерийной сетью несколько тысяч. Однако из числа выпавших после них метеоритов удалось найти лишь три: Лост-Сити в США, Иннисфри в

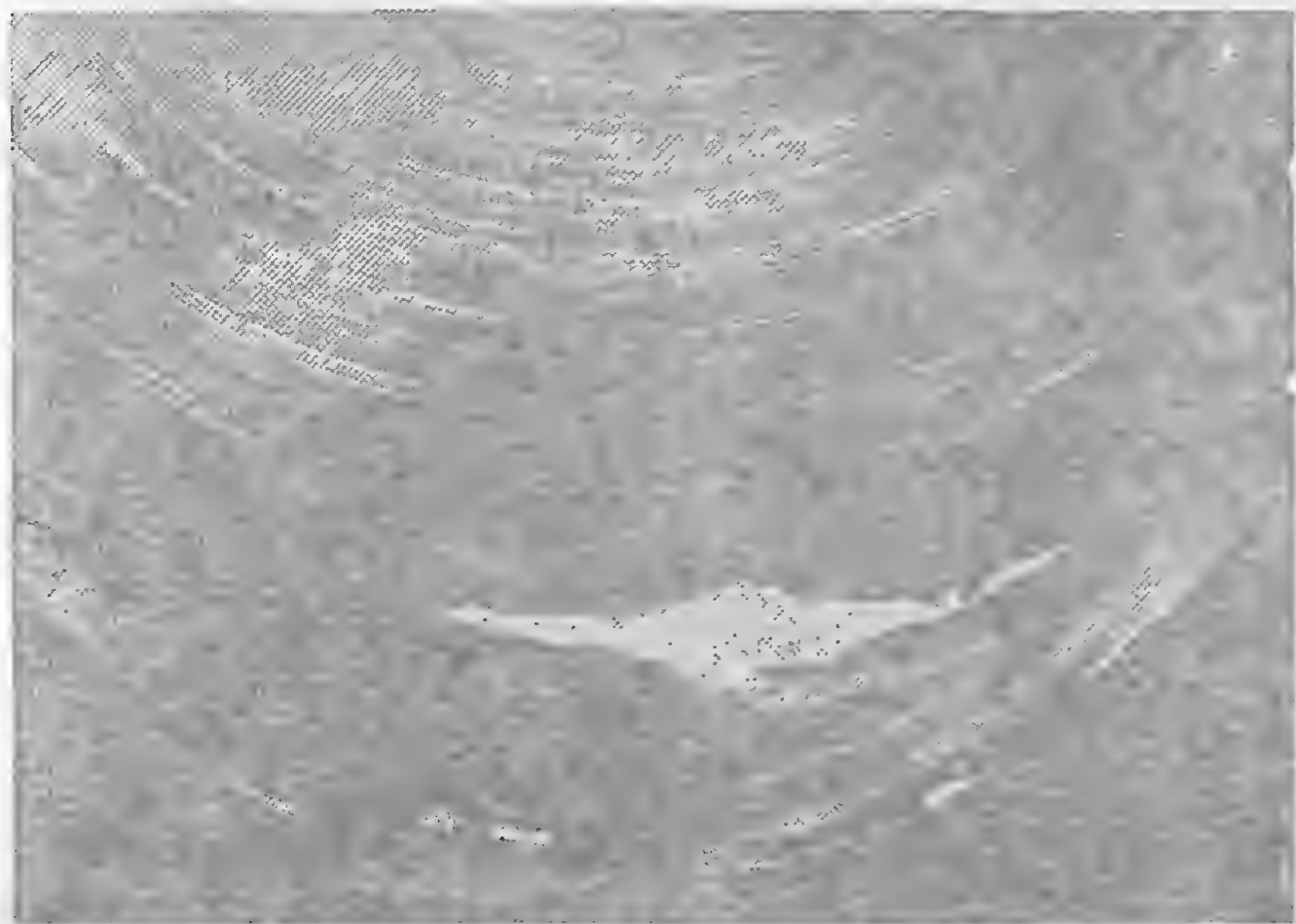


Рис. 17. Болид, сфотографированный в ЧССР с помощью объектива «Рыбий глаз»

Канаде и Хохленлагенбек в ГДР. Определение их орбит показало, что эти метеориты, так же как и метеорит Пшибрам, пришли к нам из пояса астероидов. Почему же при таком обилии болидов метеоритов оказалось ничтожное количество?

Еще в 1946 году известный советский исследователь Б. Ю. Левин, исследуя особенности взаимодействия метеорных тел с атмосферой, пришел к заключению, что только те тела могут выпадать на поверхность Земли в виде метеоритов, скорость входа которых не слишком превышает 20 км/с. Тела, врезающиеся в атмосферу с большей скоростью, подвергаются такой тепловой и ударной нагрузке, что неминуемо полностью разрушаются независимо от их механической прочности.

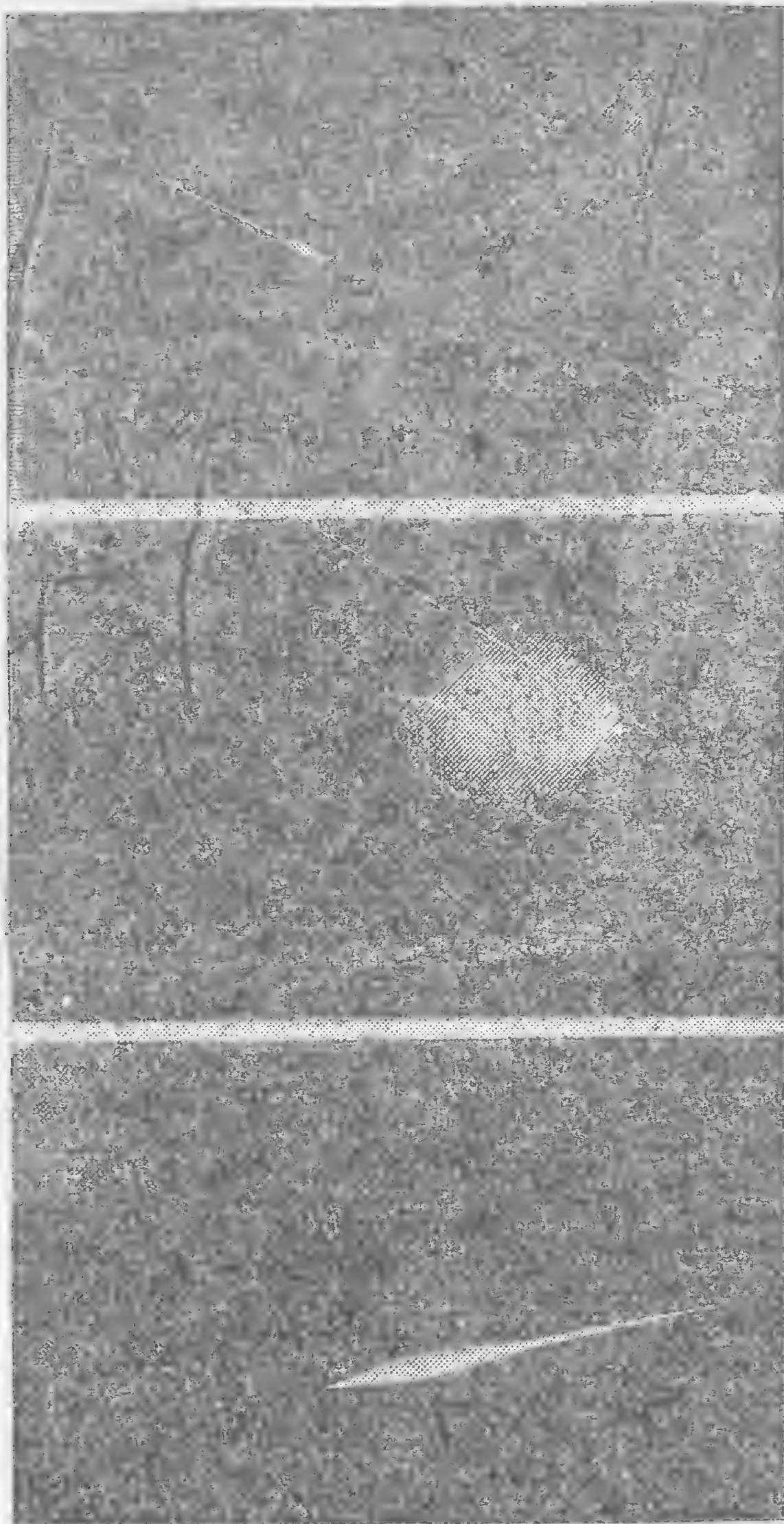


Рис. 18. Снимки болидов, полученные на метеорном патруле Института астрофизики АН ТаджССР

Показательны в этом отношении все три упоминавшиеся выше метеорита. По оценкам начальная масса Иннисфри составляла 15 кг, а Лост-Сити — от нескольких десятков до сотен килограммов. Оба тела вошли в атмосферу со скоростью 14 км/с и «сумели» сохранить относительно большое количество массы: 4,6 и 17 кг соответственно. Начальная масса метеорита Пшибрам оценена в несколько тонн, но до поверхности Земли «добралось» только 9,5 кг. Скорость входа метеорита имела почти критическое значение (20,8 км/с), так что еще чуть-чуть, и падение метеорита могло и не состояться.

Попытки вычислить траектории метеоритов до их падения на Землю предпринимались и до того, как были найдены метеориты Пшибрам, Лост-Сити и Иннисфри. Путем опроса десятков, а порой и сотен очевидцев устанавливались время пролета метеорита в атмосфере, его угловая и линейная скорости, направление движения. Б. Ю. Левин и его ученица А. Н. Симоненко нашли интересную возможность уточнить элементы орбит многих метеоритов. Они исходили из соображения, что интервал возможных скоростей входа метеоритообразующих тел не очень велик: от 11,2 до 22 км/с. Приписывая этим телам все значения скоростей интервала, Б. Ю. Левин и А. Н. Симоненко получили для каждого метеорита сравнительно узкий «пучок» возможных орбит. В результате им удалось показать, что из пестрого многообразия астероидов наиболее щедрыми поставщиками метеоритов являются астероиды групп Амура и Аполлона. (В отличие от семейств группы астероидов это не «родственники», имеющие общую родословную, а случайные близкие «соседи».)

С 15 июля по 21 августа 1988 года на высокогорной обсерватории Санглок Института астрофизики Академии наук Таджикской ССР царил великое напряжение, вызванное сближением астероида Торо с Землей.

Торо — астероид из группы Аполлона, той самой группы, которую давно подозревают в тесной связи с падающими на Землю метеоритами. Именно Торо оказался по своим свойствам ближе всего к одному из типов хондритов.

Американский астрофизик У. К. Хартманн высказал предположение, что выпавшие на Землю хондриты этого типа являются «щебенкой», образовавшейся в результате ударов по поверхности Торо более мелких, но более прочных астероидов.

Однако с момента успешного наблюдения Торо в 1972 году в США прошло 16 лет, за которые возникли новые вопросы, связанные с исследованием природы уникального астероида. Появилось много косвенных свидетельств того, что астероиды группы Аполлона, Амура и Атона могут быть ядрами угасших комет. К большому сожалению, все многочисленное семейство трех «А» — чрезвычайно слабые астероиды, что в значительной степени затрудняет их физические исследования.

Поэтому Торо оказался подарком судьбы. Основная задача, которую поставили перед собой сотрудники института Н. Н. Киселев и Г. П. Чернова, — это оценить альbedo астероида, т. е. отражательную способность поверхности астероида. По современным представлениям ядро кометы должно быть темным, а, следовательно, альbedo очень малым.

К сожалению, объект был настолько слабым, что только многолетний опыт и мастерство давали слабую надежду, что его удастся обнаружить на небе. Его блеск менялся от $13,5^m$ до $15,5^m$, что связано с вращением астероида, в результате которого он поворачивается к наблюдателю то «лицом», то «боком».

Торо приблизился к Земле так близко, что в удачные моменты в искатель однометрового телескопа на Санглоке было видно, как он перемещается по небу: за минуту наблюдений объект смещался в поле зрения на 15 секунд дуги. Такое быстрое перемещение позволило хотя и с трудом, но различить его среди абсолютно неподвижных звезд фотоумножителем. Однако оно же являлось врагом номер один при регистрации света, идущего от астероида. И без того скудные порции фотонов света рассеиваются вдоль изображения траектории.

В самом деле, если вы ложку воды выльете на ковер в одном месте, пятно будет долго сохнуть. А если эту воду будете лить, перемещая ложку, то на ковре вытянется едва заметная влажная полоска, которая высохнет значительно быстрее. При наблюдении слабых объектов астрономы борются за то, чтобы как можно больше фотонов света пришлось на одно и то же место фотопластины или катода фотоумножителя. Этот способ навывается накоплением света. От слабых неподвижных объектов это с большим трудом, но удается сделать. А какое может быть накопление от перемещающегося с большой скоростью по небу астероида! Это та же движущаяся ложка с водой.

И все-таки благодаря мастерству наблюдателей, прекрасным астроклиматическим условиям на Санглоке, редкой по ясности погоде удалось получить немало результатов.

Кстати, оценка альbedo показала, что поверхность астероида обладает достаточно высокой отражательной способностью, заставляющей пока усомниться в кометной природе замечательного астероида. Конечно, окончательный вывод делать преждевременно, но вот одна из важных характеристик небесного тела пока говорит в пользу астероидной природы Торо.

Их надо искать

Мы уже познакомились с результатами поиска метеоритов по данным, полученным из двусторонних фотографических наблюдений болидов. Однако большинство метеоритов найдены были совершенно случайно. Среди них крупнейший метеорит, лежащий в пустыне Адрар в Западной Африке, массой около 100 000 т. В нескольких тысячах километров от него находится метеорит Гоба массой 60 т. 50-тонная машина хранится в Нью-Йоркском музее естественной истории. 37 т осколков Спихота-Алинского метеорита имеются в Москве. 12 лет назад над территорией Китая раздробился громадный метеорит, рассеявший осколки на площади 500 км². Крупнейший осколок, который удалось «подобрать», имеет массу 1770 кг.

В Комитет по метеоритам Академии наук СССР были доставлены «крупнокалиберные» образцы метеорита, найденные близ села Царев Ленинского района Волгоградской области. Самый крупный имеет массу 284 кг, а самый маленький из найденных — 50 г. Царев — это самый большой каменный метеорит, найденный на территории Советского Союза, и третий по величине в мире. После публикаций о находке небесного камня в газетах и журналах откликнулись два очевидца, живших в детстве в селе Царев. По их словам, поздней осенью 1921 или 1922 года ночью наблюдался полет яркого болида. Поскольку сразу после его исчезновения многие очевидцы слышали раскаты мощного взрыва, было сделано предположение о падении метеорита.

Однако поиски его тогда остались безуспешными. Геологический и Минералогический музеи Российской академии наук даже объявили премию за находку метеорита.

Сотни добровольцев пытались найти хотя бы один образец, но метеорит как в воду канул. И только через 57 лет электросварщик Б. Г. Никифоров из села Царев сообщил в Комитет по метеоритам Академии наук СССР, что на полях встречаются большие и плотные камни необычного вида. Присланный Б. Г. Никифоровым в Комитет небольшой осколок редкого камня оказался метеоритом. На место находки срочно выехал сотрудник Комитета Р. Л. Хотинюк, организовавший сбор и доставку в Москву первых образцов метеорита. В настоящее время найдены 44 осколка общей массой 1225 кг. Так метеорит Царев занял достойное место в метеоритной коллекции нашей страны. Кстати, почти все 165 метеоритов, найденные на территории нашей страны за последние 200 лет, были обнаружены с помощью местных жителей. Поскольку все без исключения метеориты представляют научную ценность, каждый человек, нашедший метеорит, должен сообщить об этом в Комитет по метеоритам АН СССР. За представленный метеорит Комитет выплатит соответствующее денежное вознаграждение. Бывая в походах, отдыхая за городом, не забывайте о возможности найти метеорит!

В апреле 1972 года огромное космическое тело могло упасть на территории США. Многочисленные очевидцы наблюдали днем полет болида на высоте около 60 км. Явление было столь поразительным и эффектным, что многие любители и профессиональные астрономы сумели получить множество фотоснимков болида. Дальнейшая очень тщательная и далеко не тривиальная обработка данных наблюдений показала, что тело массой около 1000 т, «слегка чиркнув» по земной атмосфере, вновь ушло в космическое пространство.

Расчеты показали, что если бы оно проникло в атмосферу на несколько километров ниже, то врезалось бы в земную поверхность, произведя чудовищной силы взрыв и образовав большой кратер.

По имеющимся оценкам столкновения Земли с астероидами, способными образовать кратер поперечником около 10 км. происходят 3—4 раза в миллион лет.

Иногда на Земле встречаются россыпи маленьких кусочков стекла, называемых тектитами. Возраст этих странных образований достигает от 700 тыс. до 34 млн лет. В отличие от метеоритов, более или менее равномерно рассеянных по поверхности Земли, тектиты обнаруживаются лишь в нескольких местах. По назва-

ниям этих мест они получили свои имена: Австралиты, Молдавиты, Филиппиниты и т. д.

Существует несколько гипотез относительно происхождения тектитов. Согласно одной из них источником необычайных стеклянных «изделий» может явиться Луна: при падении метеорита на лунную поверхность выбитое мощным ударом вещество в расплавленном состоянии может выпасть на Землю.

В 1855 году в Эстонии появились сообщения о падении в местечке Игаст стекловидного тела, похожего на большой тектит. Воспользовавшись этим, один проворный торговец продал служителям некоторых музеев «образцы метеорита», изготовленные из расплавленного кирпича. Впоследствии выяснилось, что и настоящий «метеорит» Игаст не является метеоритом. В последнее время специалисты больше склоняются к мысли, что тектиты имеют земное происхождение и образуются при падении метеоритов в определенные скальные породы.

Упал с неба? Прошу в лабораторию...

В большинстве случаев космические тела, порождающие метеориты, полностью затормаживаются в атмосфере, достигая высот 20—10 км. При этом тонкий расплавленный слой затвердевает, образуя темную рельефную оболочку — кору плавления. Если осмотреть под микроскопом эту кору, то можно обнаружить ее сложную структуру, явившуюся результатом взаимодействия космических тел с атмосферой. Как правило, видны застывшие подтеки, струйки, разбрызганные капли. Благодаря невысокой скорости приземления метеоритов эти следы атмосферной обработки хорошо сохраняются.

Надо только помнить, что это следы, оставшиеся от обработки в непосредственной близости от области полного торможения, где условия взаимодействия тела с воздухом отличны от условий на больших высотах. На малых высотах, где плотность атмосферы велика, перед телом образуется подушка сжатого воздуха, которая нагревается до нескольких тысяч и десятков тысяч кельвинов. Поэтому полагать, что структура коры плавления в течение всего атмосферного полета имеет такой же вид, как и перед областью полного торможения, неправильно. Тем более нельзя, основываясь на структуре коры плавления метеоритов, делать вывод, что плавление и сдува-

ние расплавленных капель является единственным механизмом разрушения и более мелких метеорных тел.

По химическому составу метеориты подразделяются на три типа: железные, каменные и железо-каменные. Железо является основной составляющей метеоритов первого типа. Если отполировать поверхность такого метеорита, а затем протравить ее раствором какой-либо кислоты, то четко проявится их удивительная кристаллическая структура в виде сложного «абстрактного» рисунка — набора пересекающихся полос. Обнаруженные в 1808 году А. Видманштеттенем, они получили название видманштеттеновских фигур. Несмотря на то что теория и технология создания фигур хорошо разработана, воспроизвести их искусственно в лабораторных условиях никому не удалось. Предполагают, что секрет невоспроизводимости фигур обусловлен чрезвычайно медленным охлаждением метеоритного вещества. Возможно, железные метеориты представляют собой осколки внутренней центральной части небесных тел (крупных астероидов), расщепившихся под воздействием каких-то причин.

Каменные метеориты подразделяются на две основные группы: хондриты и ахондриты, в зависимости от того, присутствуют или нет в их составе округлые стекловидные вкрапления, называемые хондрами. Помимо метеоритов, хондры нигде больше не встречаются. Хондриты являются наиболее обычным типом каменных метеоритов и отличаются очень однородным химическим составом. Ахондриты встречаются несравненно реже. Их некоторые свойства напоминают свойства хондр в хондритах.

Значительно более редкими являются железо-каменные метеориты — мезосидериты. Они напоминают металлическую пористую губку, заполненную прозрачным минералом желто-зеленого цвета — оливином. В их состав входит до 45% никелистого железа.

Подробное исследование химического состава метеоритов представляет интерес по многим причинам. В частности, из него можно получить определенные сведения об относительном содержании химических элементов в Солнечной системе, а также восстановить картину происхождения метеоритов. В результате лабораторных исследований в них была найдена почти вся таблица Менделеева. Наиболее распространенными элементами в метеоритах являются железо, кальций, алюминий, кислород, кремний, магний, никель, сера. В метеоритах обнаружены и ценные металлы. Однако попытка разбогатеть на метео-

ритных разработках — совершенно безнадежное занятие: чтобы извлечь 1 г золота, необходимо перемолоть целую тонну метеоритного вещества!

Конечно, не следует думать, что все метеориты содержат различные элементы в одинаковых количествах или одинаковых пропорциях. Так, содержание никеля, которого в метеоритах всегда больше, чем в земных породах, может сильно варьироваться. В некоторых экземплярах содержание никеля доходит до 30–40%, а в других опускается до 5%.

Сейчас, когда накоплена целая «библиотека» сведений о составе различных метеоритов, есть достаточные основания для решения задачи о закономерностях соотношения различных элементов в метеоритных образцах. Так, уже сейчас установлено, что повышение содержания никеля в метеорите обязательно сопровождается понижением содержания или вовсе отсутствием некоторых других элементов. Безусловно, эта тесная связь содержания одних элементов с другими может явиться ключом к решению многих задач, связанных с образованием метеоритного вещества.

Несомненный интерес представляет исследование изотопного состава химических элементов, составляющих метеориты. Он оказался в большинстве случаев тождественным изотопному составу тех же самых элементов земного и лунного происхождения.

Незаменимую помощь в исследовании вопросов о происхождении химических элементов оказывают естественные радиоактивные элементы. Наличие радиоактивных химических элементов в метеоритах дает очень важную информацию об их возрасте, который определяется путем использования законов распада естественных радиоактивных изотопов. Например, некоторые изотопы тория и урана, имеющие длительные периоды полураспада (от 700 млн до 14 млрд лет), распадаются, образуя разные изотопы свинца. В любой момент времени почти все распадающееся вещество будет состоять из изотопов тория, урана и свинца. Постепенно количество свинца будет увеличиваться.

Для того чтобы определить, сколько времени прошло с момента окончательного формирования метеоритного вещества, нужно найти относительные концентрации урана, тория и изотопов свинца. После того как вещество отвердеет (если оно плавилось), становится невозможным дальнейшее химическое разделение элементов, со-

ставляющих метеорит (т. е. радиоактивные элементы уран и торий и продукт их распада, свинец, оказываются связанными). Изучение современного изотопного состава свинца и относительных содержаний урана и тория во многих каменных метеоритах дает возраст метеоритного вещества, равный приблизительно 4,6 млрд лет.

Бороздя просторы межпланетного пространства до падения на Землю, метеориты постоянно подвергаются воздействию космических лучей. Обладая огромными кинетическими энергиями, космические лучи, воздействуя на эти тела, образуют в них стабильные и нестабильные космогенные изотопы. По содержанию этих изотопов определяется время самостоятельного существования метеоритного вещества (отсчитываемое, скажем, от момента его откалывания от астероида). Оно колеблется от десятков тысяч до сотен миллионов лет.

Космогенные изотопы также играют исключительную роль при определении промежутков времени с момента падения, т. е. земных возрастов метеоритов. Именно благодаря измерениям космогенных изотопов было показано, что эти возрасты могут достигать десятков и сотен тысяч лет. Содержание космогенных изотопов также позволяет определить размеры и массы метеоритов до падения их на Землю. Здесь используется тот факт, что концентрация изотопов заметным образом уменьшается с глубиной.

Чаще всего при воздействии космических лучей в метеоритах образуется один из изотопов гелия. Образцы, взятые из различных частей метеорита, вносятся в атомный реактор, где при облучении потоком медленных нейтронов изотоп гелия превращается в изотоп водорода — тритий. Поскольку тритий радиоактивен, его содержание без труда определяется с помощью счетчиков. По изменению содержания трития (а следовательно, и изотопов гелия) с глубиной в метеорите оценивается средняя интенсивность космических лучей, бомбардировавших образец. Затем строятся контуры одинакового содержания изотопа гелия, по которым определяется первоначальная форма метеорита. Например, если метеорит имел форму шара, то контуры будут иметь вид концентрических окружностей. По содержанию изотопа гелия оценивается «доатмосферные» размеры тела, его объем и масса.

Если по химическому составу метеориты практически не отличаются от земных пород, то этого нельзя сказать о минеральном составе. В метеоритах обнаружены редко

встречающиеся или вообще неизвестные на Земле минералы, часть из которых названа по именам ученых — исследователей метеоритов (например, криновит — от фамилии известного советского исследователя Е. Л. Кринова). В некоторых редких типах метеоритов попадаются крошечные зерна алмаза, возникшие, по-видимому, в результате какого-то ударного воздействия.

Ищите ключ к Тунгусской тайне

Событие, о котором мы сейчас расскажем, произошло более 80 лет назад, однако до сих пор к нему не ослабевает интерес не только у специалистов, но и у огромной армии любителей астрономии. 30 июня 1908 года в 7 часов утра по местному времени в Восточной Сибири в бассейне реки Подкаменная Тунгуска наблюдалось явление, подобное падению метеорита, отличающееся огромными масштабами. В то утро очевидцы наблюдали уникальный болид, пронесшийся по небу в направлении с юго-востока на северо-запад. Его ослепительный след был виден на громадной территории в радиусе до 800 км. Продолжительность болида составляла несколько секунд, но после его пролета на небе остался гигантский пылевой след, наблюдавшийся несколько часов.

Явление болида завершилось взрывом колоссальной силы, отголоски которого были слышны на больших расстояниях. Мощная воздушная волна прокатилась по поверхности Земли. Сотрясение почвы и домов напоминало сильное землетрясение. Тайга стонала от нестерпимой боли. Сейсмическими станциями не только близлежащего Иркутска, но и многих городов Западной Европы была зарегистрирована сейсмическая волна.

Редчайшее явление наблюдалось в ночь с 30 июня на 1 июля. На огромной территории, простирающейся к западу от места взрыва, ночь практически не наступила. Жители Ташкента, Саратова, Казани и других городов и сел с удивлением смотрели на необычно светлое небо. Даже в Гринвиче (Англия) в полночь можно было без особых усилий читать газету. Удивительно, что восточнее места взрыва ничего подобного не наблюдалось: ночь была обычной без каких-либо аномалий.

Естественно, что явление получило название «Тунгусский метеорит». К сожалению ученых и к счастью жите-

лей Сибири, эпицентр явления находился в тайге в труднодоступных болотистых местах. Царское правительство не нашло возможным организовать экспедицию, и ученым не удалось провести исследований предполагаемого места падения метеорита, что называется, по горячим следам.

Только в 1927 году экспедиция, возглавляемая Л. А. Куликом, провела первое обследование. Вокруг эпицентра в радиусе до 30 км лес был повален. Стволы деревьев были голыми и обожженными, ветки содраны с них чудовищной силой. В центральной части обследованной области экспедицией обнаружено много ям, похожих на следы ударов осколков метеорита о поверхность Земли. Ямы были заполнены водой, что затрудняло поиск самих осколков. Уверенные в том, что метеорит упал именно на этот участок поверхности, члены экспедиции были удивлены отсутствием большого кратера, который обязательно должен был образоваться при падении тела такого масштаба.

Необычайные явления небывалого масштаба, сопровождавшие «падение метеорита», отсутствие кратера и образцов метеоритного вещества на месте предполагаемого падения возбудили воображение людей. Рождались самые фантастические предположения вплоть до того, что явление связано с приземлением огромного космического корабля, потерпевшего катастрофу и взорвавшегося в атмосфере.

По мере того как широкой публике становились известны открытые физиками новые процессы и явления, версия «Тунгусского метеорита» периодически видоизменялась. После страшных событий в Хиросиме и Нагасаки обсуждались варианты, связанные со взрывом гигантской атомной бомбы. Не остался в стороне возможный акт аннигиляции антивещества, заблудившегося в межпланетном пространстве; а в последнее время на страницах печати неоднократно проскальзывали ультрасовременные предположения о том, что Земля столкнулась с черной дырой.

Между тем результаты нескольких экспедиций, аэрофотосъемки эпицентра показали отсутствие следов самого метеоритного тела. Обнаруженные в 1927 году Л. А. Куликом воронки оказались естественными образованиями. Напряженный сюжет тунгусской истории готов был упереться в тупик. Отсутствие кратера и образцов метеорита наталкивало на мысль, что тунгусское тело

метеоритом не было. Но что же тогда, если не метеорит? Может быть, комета?

Действительно, еще Л. А. Кулик после первой экспедиции высказал предположение, что тунгусское тело было именно кометой. Ранее некоторые исследователи комет также не исключали такой возможности. После серьезной проработки идеи о кометной природе «Тунгусского метеорита» многие непонятные, разобщенные факты стали складываться в звенья одной закономерной цепи.

Академик В. Г. Фесенков пришел к выводу, что «Тунгусский метеорит» — это взрыв в воздухе небольшой кометы, имевшей пылевой хвост, направленный в сторону, противоположную Солнцу. Пылевое вещество хвоста, опережая ядро кометы, вошло в земную атмосферу с юго-востока и распространилось на запад, вызвав посветление ночи. Несмотря на то что ядро кометы было массивным (по некоторым оценкам, 1 млрд тонн), из-за очень маленькой плотности вещества (менее плотности воды) оно не смогло преодолеть сопротивление атмосферы и взорвалось в воздухе, не оставив на поверхности Земли обычного для крупных метеоритов кратера. Причиной взрыва явилось выделение огромного количества тепла и быстрое испарение рыхлого вещества кометы.

Эту точку зрения подкрепляют и исследования академика Г. И. Петрова и профессора В. П. Стулова, из результатов которых вытекает, что тунгусское тело было рыхлым непрочным образованием, напоминающим снежный ком диаметром 300 м. Конечно, исследования «Тунгусского метеорита» продолжаются. Изучаются свойства почвы, ведутся поиски микрочастиц, осевших на поверхность после чудовищного взрыва.

Большой вклад в исследование проблемы Тунгусского феномена внесли В. Г. Фесенков, К. П. Флоренский, А. А. Явнель, Н. Б. Дивари, И. Т. Зоткин, В. Ф. Коробейников, П. И. Чушкин, Л. В. Шуршалов, С. С. Григорян, В. А. Бронштэн и многие другие.

Многое сделали Сибирские отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества, в прямом смысле не дающие зарости тропе Кулика. Неоценима роль академика АМН СССР Николая Владимировича Васильева, вот уже много лет щедро делящего пыл мятежной души между реалиями большой медицины и волшебной «сказкой» о «Тунгусском метеорите».

Одной экспедицией советских ученых в районе взры-

ва были обнаружены микроскопические шарики, имеющие внеземную природу. Американский химик Р. Ганапати, в чье распоряжение Комитетом по метеоритам АН СССР были представлены некоторые из найденных образцов, после их тщательного тонкого анализа пришел к заключению, что они являются остатками метеорита. На это указывает большое содержание иридия и сопутствующих ему никеля и кобальта, которые именно в таком сочетании присутствуют в метеоритных телах. Мало того, по ряду признаков Ганапати установил, что тунгусское тело могло быть каменным метеоритом с начальной массой около 7 млн тонн и диаметром 150 м, которое полностью разрушилось в результате взрыва в атмосфере. Ученый обращает внимание на замечательный факт, удачно дополняющий нарисованную им картину. Речь идет о необычайно высоком содержании иридия в образцах ископаемого льда, добытого в районах Южного полюса и относящегося к слою 1909—1912 годов. Вполне возможно, что избыток иридия образовался в результате оседания продуктов взрыва 1908 года на поверхность Земли.

В то же время некоторые ученые нащупали нити, связывающие в один узел Тунгусское явление, многочисленные болиды Прерийной сети и упоминавшуюся нами загадочную комету Энке.

Мы начали наш рассказ с астероидов, потом перешли к кометам и завершили описанием метеоритов и метеорных тел. Посмотрите на табл. 4.

Вот такая ехидная табличка! Объекты, о которых мы столько говорили, практически составляют нулевую массу по сравнению с массой планет, не говоря уже о массе Солнца.

Таблица 4

Распределение тел Солнечной системы по массам

Небесные тела	Суммарная масса. %
Солнце	99,866
Планеты	0,134
Кометы	0,0003
Спутники планет	0,000 04
Астероиды	0,000 000 1
Метеорное вещество	0,000 000 000 001

Да, действительно, это далеко не самые внушительные представители Солнечной системы, но разгадка тайны их происхождения, развития и гибели оставит важный след в стремительном потоке открытий завтрашней астрофизики.

Внимание, НЛО

Трудно удержаться, чтобы не поговорить с вами на эту «душещипательную» тему. О неопознанных летающих объектах (НЛО) многие судят так же свободно, как, скажем, о медицине. Здесь тоже знание предмета достигает впечатляющего уровня.

Казалось бы, в чем, собственно, загадка? Неужели так уж часто мы задираем голову и смотрим на небо, чтобы с уверенностью полагать, что безошибочно назовем все, что там летает? Можно биться об заклад, что не каждый отличит в полете воробья от мухоловки и пчелу от осы. Любой незнакомый нам летящий объект можно классифицировать как НЛО.

Если над территорией племени Ням-Ням пролетит заблудившийся самолет, то можно не сомневаться, что для изумленных и перепуганных до смерти очевидцев самолет будет самым что ни на есть неопознанным летающим объектом. И племени по этому поводу придется срочно, вне плана, организовать устрашающий ритуальный танец.

Однако в нашем цивилизованном мире под НЛО подразумевают не воробья и не самолет. Под НЛО подразумевают нечто, что по мнению «проницательных специалистов», имеет прямое отношение к астрономии, поскольку предполагается, что НЛО прибывают к нам из космического пространства. Или, другими словами, НЛО есть не что иное, как изделия иных цивилизаций.

Именно этот астрономический аспект НЛО мы постараемся разобрать с вами поподробней.

В самом крайнем варианте сущность интриги такова. Высокоразвитая внеземная цивилизация командировала в Солнечную систему десант космических аппаратов с целью исследовать младших собратьев по разуму. В связи с этим в различных частях земного шара время от времени появляются неопознанные летающие объекты (раньше их называли летающими тарелками), в большинстве случаев ночью. При этом они достаточно безобидны, что вполне оправдано целью их посещения: ни во что на Земле не вмешиваться, а, как и положено вежли-



вым гостям, лишь созерцать нашу далекую от совершенства жизнь, регистрируя время от времени самые мелкие огрехи и коллекционируя смешные анекдоты.

Правда, если все-таки детальней проанализировать ситуацию, то можно обнаружить признаки некоторого коварства. Эти таинственные посетители никогда не появляются в поле зрения профессиональных астрономов. Судите сами. Именно астрономы открыли кратеры на Луне, планеты и десятки их спутников, кольца на Сатурне и других его собратьях, сотни комет и тысячи астероидов, исследовали множество звезд и галактик, обнаружили пульсары и реликтовое излучение, проложили космические трассы сотням космических аппаратов, пришли к выводу о возможности существования черных дыр, от-

крыли факт расширения Вселенной, а вот летающих тарелок никогда не видели. Просто паваждение какое-то. Столько бессонных ночей извести на наблюдения неба и в итоге оказаться «у разбитого корыта». И это в то время, когда армия очевидцев «других специальностей» прямо-таки растет па глазах.

Сколько завидных подробностей мы узнаем из сообщений прессы! Здесь и немислимые по скорости перемещения НЛО, и фантастические маневры, и дерзкие зависания над населенными пунктами, и откровенное конвоирование самолетов. А уж что касается устных свидетельств, то просто мурашки пачинают ползать по спине!

Некто дядя Вася, проходя по опушке леса, обнаружил



на ней странную светящуюся избу на трех металлических лапах. Не успел он опомниться, как ворота избы растворились, и из нее вышли люди зеленого цвета. Завязался общий разговор, и хозяева пригласили дядю Васю в свой светящийся чертог.

Польщенный соотечественник ломаться не стал, о чем впоследствии не пожалел. Взревели моторы, изба взмыла в небеса и унесла нашего героя в такую даль, что он даже не помнит куда. Но в конце концов все обошлось, его вернули на родную опушку, пожелали всяческих успехов, и наполненный впечатлениями дядя Вася отправился в свою деревню.

Конечно, тут же понабежали «специалисты». Начались расспросы: что и как? Захватывающие подробности передавались из уст в уста, и в результате «специалисты» выяснили, что счастливый путешественник собственными глазами лицезрел, что бы вы думали? Расположение каких-то созвездий в том виде, в каком они находились много тысячелетий назад! Вот это сенсация так сенсация! Дядя Вася-то, оказывается, был в гостях у инопланетян!

Правда, остается неясным, каким образом дядя Вася определил, что расположение звезд — именно тысячелетней давности, как, впрочем, загадочна и осведомленность о таком расположении самих специалистов...

Но на фоне дяди Васиного триумфа такие мелочи, конечно, никого не интересовали...

Стоп! Предвижу возмущенную реакцию некоторых читателей:

— Ничего себе, хорош автор! Пользуется тем, что ему нельзя с ходу ответить и проталкивает свою точку зрения. Попробовал бы он при очной встрече... Научный скепсис — не аргумент!

Пробовал и очно. Часто при чтении публичных лекций по линии общества «Знание» имею возможность участвовать в дискуссиях на эту тему.

Однажды, например, после того как я внес в души слушателей большую дозу сомнения в реальность событий, описанных дядями Васями и их дипломированными покровителями, произошел следующий диалог с одним ярым «тарелочником»:

— Как я понял из вашего рассказа, вы отрицаете возможность космических «летающих тарелок». Но почему же тогда создан специальный секретный комитет по контролю за ними?

- И они это позволили?
- Что это?
- Контролировать себя. Но это я так, к слову... Вы — член этого комитета?
- Зачем, я? — обиделся мой собеседник.
- Откуда же вам известно о существовании комитета?
- Ну, это мне сказал человек, хорошо осведомленный...
- То есть ему можно верить?
- Безусловно!!
- А комитет секретный?
- Конечно, секретный!
- Значит, этот человек выдал вам государственную тайну?
- ???

На этом наша полемика прекратилась.

Другой пример:

— Вы говорите, что никаких «тарелок» нет... А вот мы вчера с товарищем, — показывает на сидящего в зале товарища, — наблюдали такую картину. Небольшая звезда медленно двигалась по небу, а потом вроде бы застыла и через мгновение-другое вновь стала двигаться...

— Это же оказался самолет, мы выяснили, — уточнил товарищ.

— Да, вчера был самолет, — несколько не смутившись, сказал первый, — но вот раньше я видел такую же «тарелку»...

Еще пример:

— Как же нет «тарелок», когда я недавно часов в 12 ночи сам видел, как по небу пронеслась «тарелка». И вы знаете, без всякого шума или свиста. Даже жутко стало.

Что же на самом деле происходит?

Дело в том, что многие очевидцы принимают за НЛО болиды и метеоры, о которых мы так подробно говорили в этой книге.

Например, при визуальных наблюдениях очень быстрых метеоров потока Орионид, особенно вблизи радианта, расположенного в созвездии Орион, нередко создается впечатление, что метеоры в процессе полета меняют направление движения. Опытным наблюдателям это «свойство» быстрых коротких метеоров хорошо знакомо. О том, что это «фокусы» нашего зрительного восприятия, убедительно говорят фотографические снимки таких метео-

ров, на которых изображения траекторий всегда прямолинейны.

Человек, впервые увидевший на небе такой метеор, с жаром убеждает окружающих, что видел НЛО, совершивший навигационный маневр!

Еще больше недоразумений возникает вокруг наблюдений болидов. Ни одно небесное явление не способно конкурировать с болидом по степени воздействия на воображение человека. Хотя мы живем накануне третьего тысячелетия и вряд ли найдется хоть один человек в цивилизованной стране, кто не знал бы о полетах человека в космическое пространство, тем не менее уровень общей астрономической культуры человечества до обидного низок. И поэтому, когда на чистом ночном небе вдруг «из пичего» зажигается звезда, летит почти параллельно горизонту, разгораясь все ярче и ярче, превращаясь в бушующий факел, на глазах разделяясь на части и, наконец, скрываясь за горизонтом, реакция случайных очевидцев в большинстве случаев однозначна: видел НЛО, да еще какой!

Безусловно, долг каждого астронома разъяснять подобные феномены природы, причем в таких случаях оперативность приносит наибольший эффект, уберегает от неминуемых «НЛОшных» настроений.

Итак, если подвести некоторые итоги, то можно констатировать, что во многих случаях «наблюдения НЛО» люди сталкиваются с неизвестными им природными явлениями либо с результатами человеческой деятельности.

Кстати, этот последний фактор также внес свою лепту в миф об инопланетянах. В газетах нередко появляются сообщения о наблюдениях всякого рода свечения на небе и других похожих атмосферных явлениях. Их даже окрестили аномальными явлениями (АЯ).

Однако и здесь, как и в случае с НЛО, речь, как правило, идет о нормальных, а не аномальных явлениях, плохо известных широкой публике. Это наблюдения полетов метеорологических шаров, шаровых молний, световых явлений, сопровождающих запуски ракет, всевозможные оптические эффекты и т. д.

Но все эти проявления имеют земную природу и никаким боком не могут быть приклеены к проблеме инопланетян. Тем не менее, именно этот инопланетный оттенок присутствует при многочисленных интерпретациях наблюдательного материала.



Ну, и конечно, нельзя обойти вниманием самый веский аргумент, к которому апеллируют поклонники НЛО: «тарелки» не только много раз видели, но и фотографировали!

Посмотрите на рис. 19. На фотографии запечатлены жилые здания и планета Венера, а левее и выше нее — изящный НЛО.

Не правда ли, поражает совершенство геометрии внеземного космического аппарата. Причем, обратите внимание, в течение всего времени съемки НЛО не шелохнулся, по-видимому, с удовольствием позировал фотографу, чтобы снимок получился четким, не смазанным при движении.

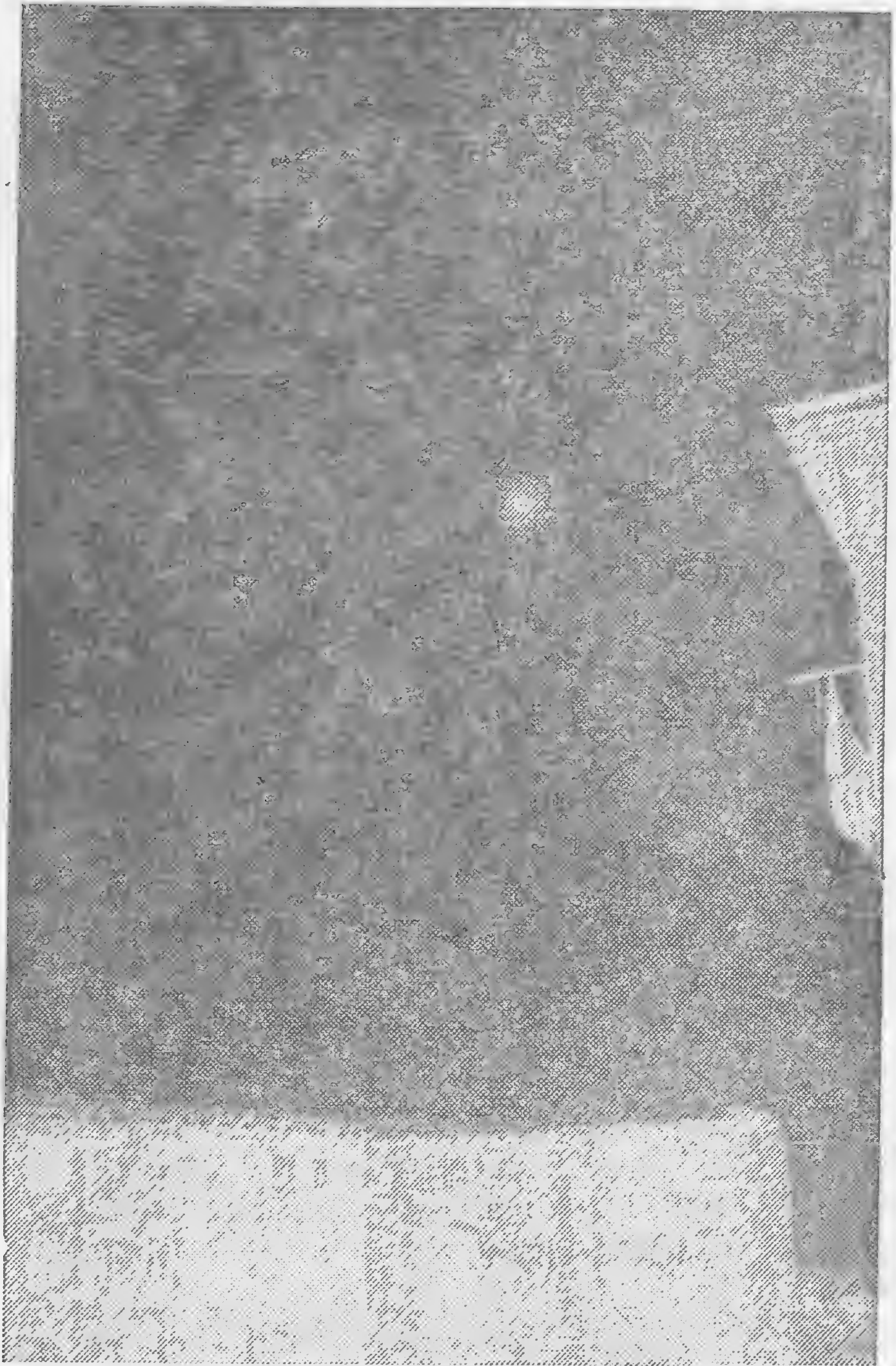


Рис. 19, Венера и НЛО (фото Максима Глухова)

Откуда же снимок? Из зарубежного журнала? Из архива дотошного «тарелочника»?

Ничуть не бывало. Снимок получен в Душанбе юным астрономом Малой академии наук Максимом Глуховым в 1985 году. Это фотография планеты Венера в период ее максимального блеска на небе. А НЛО — всего лишь световой блик от Венеры, возникший в оптической системе фотоаппарата. Вот такая проза!

Блики — широко распространенное явление, и фотографии хорошо с ним знакомы. Среди кино- и телеоператоров существует выражение: «Кадр бликует». Чтобы избавиться от блика, производится корректировка освещения снимаемого объекта, меняется положение объекта и т. д. Часто на художественных фотографиях блики намеренно используются для повышения эстетического восприятия картины.

В чем же причина столь устойчивого интереса к НЛО и их разновидностям?

Прежде всего все-таки очень хочется верить, что где-то рядом на соседней планете или в соседней звездной системе есть существа, подобные нам. Жутковато ощущать себя в полном одиночестве внутри этого роскошного и бесконечного мира...

Так вот, человечество свою извечную мысль об обитаемом соседстве связывало прежде всего с Марсом.

Многочисленные наблюдения, проведенные с помощью крупнейших по многим временам телескопов, давали повод думать, что именно Марс больше других планет похож на нашу Землю. Эта красная планета с белыми шапками на полюсах, с явно выраженными, постоянно наблюдаемыми деталями на поверхности планеты, привлекала внимание. Сутки на Марсе практически земные: 24 часа 37 минут, хотя год составляет 687 земных суток. Поскольку ось вращения Марса наклонена к плоскости эклиптики орбиты почти на тот же угол, что и Земля, то на нем происходит такая же смена времен года, с той лишь разницей, что на Марсе каждый сезон в два раза продолжительнее.

Правда, по сравнению с Землей Марс несколько маловат: диаметр 6800 километров чуть больше половины земного, поверхность составляет одну треть земной, масса — лишь одну десятую часть массы Земли.

В среднем Марс удален от Солнца на 78 миллионов километров дальше, чем Земля, что играет немаловажную роль в тепловом балансе красной планеты. В самые жар-

кие дни на экваторе температура «воздуха» не поднимается выше $+17^{\circ}\text{C}$.

Но особенный, исключительный интерес к Марсу проявился с 1877 года, когда известный итальянский астроном Джованни Скиапарелли, о котором мы уже упоминали, провел телескопические наблюдения Марса в очень удобных для этого условиях.

Срисовывая поверхность планеты (астрономической фотографии тогда еще не было), Скиапарелли обнаружил на ней загадочные прямые линии. Он нанес их на свой рисунок и... сделал фантастическое предположение об искусственной природе этих образований. Они были названы каналами, и весть о них получила большое распространение.

Ах, как не хватало человечеству именно этих каналов! Наконец-то! Наконец-то мы знаем, что не одиноки во Вселенной. Рядом с нами в каких-то десятках миллионов километров процветает иная цивилизация! От этой мысли было невозможно отказаться. Как нужны были новые желанные подтверждения обитаемости соседней планеты.

Десятки астрономов не отрывались от телескопов в эпохи последующих противостояний Марса, проводя самые тщательные квалифицированные наблюдения.

Песомненно, лидером этих энтузиастов стал Персивал Ловелл, американский предприниматель, человек состоятельный и пылкий. Его неумная натура дельца и фатазера не давала ему покоя. Он много путешествовал, 10 лет прожил в Японии. Жизнь его была полна впечатлений и дел, но не хватало какой-то «изюминки», не было объекта, которому можно было бы отдать внутренний жар души.

Сообщение Скиапарелли оказалось как нельзя кстати. Вера в возможность марсианских существ была настолько велика, что Ловелл выстроил во Флагстаффе в штате Аризона первоклассную обсерваторию и сам приступил к наблюдениям таинственной планеты.

Следует сказать, что Джованни Скиапарелли к своей собственной версии об искусственной природе каналов относился скептически и не раз высказывался публично по этому поводу.

Но кого это теперь интересовало?! Машина была уже запущена. Через 17 лет после открытия Скиапарелли, в эпоху великого противостояния Марса Ловелл выполнил большой объем наблюдений и составил очень подробную карту поверхности Марса. Обилие каналов утверди-

ло его в мысли, что мы наблюдаем продуманную систему орошения, берущую начало в районе полярных шапок. Таяние полярных льдов насыщает марсианские водоемы, и вода подается по каналам в более засушливые районы планеты.

Разжигал воображение и тот факт, что в местах пересечения каналов были хорошо заметны потемнения поверхности, свидетельствующие, по мнению Ловелла, о наличии оазисов. Именно эти оазисы должны быть заселены марсианами в первую очередь.

Читатель, возможно несколько сбитый с толку снисходительным тоном описания истории каналов и ее последствий, может составить себе ошибочное представление, что люди, одержимые идеей разумной жизни на Марсе, больше походили на мечтателей и чудаков, чем на профессиональных астрономов.

Это далеко не так. Яркий пример — сам Персивал Ловелл. Наряду с Марсом он тщательно исследовал и другие планеты. Анализ поведения Урана позволил Ловеллу сделать вывод о наличии девятой планеты, расположенной за Нептуном.

В период с 1905 по 1915 годы Ловелл рассчитал приблизительное положение невидимой планеты и для ее поисков приобрел и установил на своей обсерватории крупнейший по тем временам фотографический рефрактор с диаметром объектива 32,5 см специально для поисков новых планет. В 1929 году он приглашает на работу в обсерваторию талантливого наблюдателя, своего соотечественника Клайда Уильяма Томбо, поручив ему поиск девятой планеты. Менее чем через год, в феврале 1930 года, в созвездии Близнецов, т. е. именно там, где указал Ловелл, Томбо открыл новую планету Солнечной системы, названную Плутоном.

В дальнейшем, вдохновленный успехом, Томбо посвятил себя поиску еще более далеких планет. На этом пути его ожидали как разочарования, так и успехи. Хотя планету, расположенную за Плутоном, ему открыть не удалось (пока этого не сделал никто), он «походя» открыл новую комету, обнаружил множество астероидов, выполнил исследования звезд и галактик...

А заманчивая гипотеза о существовании разумной жизни на соседней с нами планете продолжала активно развиваться. В начале нашего столетия серия книг Ловелла «Марс», «Марс и его каналы», «Марс как пристанище жизни» будоражила умы людей.

Большое воздействие оказали и фантастические книги Эдгара Райса Бэрроуза и Рэя Дугласа Брэдберри...

Каналы Скиапарелли продолжали волновать людей, а тем временем астрономическая наблюдательная техника не стояла на месте.

Первый, но далеко не робкий отрезвляющий звонок в истории с каналами прозвучал, когда были проведены наблюдения на крупнейших телескопах. К величайшему расстройству приверженцев идеи об обитаемости Марса при наблюдении в крупнейшие телескопы, например в 254-сантиметровый рефлектор обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии, каналы... исчезали. Они распадались на более мелкие образования неправильной формы.

Поразительная шутка природы! Оказалось, что многообразие каналов — всего лишь оптический обман, обусловленный особенностями человеческого зрения. При наблюдении в недостаточно сильные телескопы эти отдельные образования сливались друг с другом и казались (именно казались) прямыми линиями.

Какое страшное разочарование!

Здание, с таким энтузиазмом возводимое Ловеллом и его единомышленниками, внезапно дало глубокие трещины. И подводили не «кровля» и не «стены», которые еще как-то поддавались ремонту, подводила основа, фундамент — прямые астрономические наблюдения.

Однако расстаться с мыслью, что Марс обитаем или хотя бы наделен признаками какой-нибудь формы жизни, было уже просто невозможно. Ведь физические свойства Марса близки к земным, а сезонное изменение цветовых оттенков его поверхности укрепляло самые оптимистические ожидания.

Новая эпоха в изучении Марса открылась в 60-х годах нашего столетия. В июле 1965 года американский космический аппарат «Маринер-4» прошел на расстоянии 10 тысяч километров от планеты и передал на Землю 22 первых снимка поверхности Марса. Дальнейшие полеты к красной планете и посадка на ее поверхность наших «Марсов», американских «Маринеров» и «Викингов» обрушили на исследователей массу новой уникальной информации.

Оказалось, что атмосфера Марса состоит не из азота, как на Земле, а из углекислого газа. Атмосферное давление у поверхности Марса почти в 170 раз меньше, чем у поверхности Земли. При таком давлении жидкая вода не может находиться в свободном состоянии, она улетучится,



Уже эти данные опрокинули возможность существования каких-либо традиционных форм жизни на Марсе. Последнее слово по этому поводу сказали эксперименты двух «Викингов», специально отправленных на Марс с целью обнаружения хотя бы самых примитивных признаков жизни. Но в почве Марса на месте посадок не оказалось даже никаких микроорганизмов, не говоря уже о марсианах.

Сегодня уровень наших знаний дает однозначный ответ о том, что все планеты Солнечной системы кроме Земли — необитаемы. Все!

Даже не утверждать обратное, а просто сомневаться в этом сегодня равносильно быть похожим на одного персонажа из «Записных книжек» И. Ильфа, который был до такой степени невежественным, что бактерию представлял в виде собаки!

Итак, получается, что нынешние НЛО — не с Марса или с другой планеты Солнечной системы. А откуда?

— Ну, мало ли, откуда, — скажет вам сторонник версии о пришельцах...

А в самом деле, откуда мы могли бы ожидать пришельцев?

Жизнь в любой форме, по-видимому, может развиваться только в окрестности звезд. Нашей звездой является Солнце. Ближайшее к нам другое возможное Солнце — Проксима Центавра — расположено от нас на рас-

стоянии 43 000 000 000 000 километров. Даже свет пройдет его только за 4,5 года, несмотря на скорость 300 000 километров в секунду! Что уж говорить о более реальных скоростях.

Так, если наши воображаемые пришельцы будут лететь к нам с колоссальной скоростью в 100 км/с, от Проксимы Центавра им придется лететь 12 тысяч лет!

Даже если их полет будет происходить вообще с немыслимой скоростью 1000 км/с, продолжительность его составит 1200 лет!

Не надо обладать слишком богатым воображением, чтобы оценить трудности, с которыми пришлось бы столкнуться астронавтам. Запасы энергетических ресурсов, средств к существованию, вопросы смены поколений и тысячи других проблем.

И если все-таки представителям неведомой нам цивилизации действительно удалось бы преодолеть все рубежи пространства и времени и оказаться на Земле, то поведение, которое приписывают им «специалисты» по НЛО, вопиющим образом противоречит здравому смыслу и логике. В разумных существах, уровень научного и технического развития которых достиг такого совершенства, заведомо должны подразумеваться и высокие нравственные принципы и высшее проявление гуманизма.

Рассуждения о том, что средства доставки инопланетян могут быть вообще неизвестны еще сегодняшней нашей науке и недоступны нашему воображению, которые часто можно слышать в качестве аргумента в пользу их присутствия на Земле, фактически начисто опровергаются самими авторами этих рассуждений, как только они начинают описывать «поведение» НЛО. Во всех без исключения описаниях НЛО присутствует общий признак, а именно все НЛО являются чисто механическими системами. Их маневры, траектории напоминают маневры и траектории высокоскоростных самолетов и вертолетов.

Прежде всего абсолютно ясно, что осуществить межзвездный перелет с помощью технических средств, подобных нашим сегодняшним средствам, невозможно. Напоминаем, что расстояния между звездами слишком велики. Если расстояние между Землей и Солнцем условно принять за отрезок длиной 1 см, то отрезок между Солнцем и Проксимой Центавра окажется длиной 2,8 км, а расстояние до самой далекой звезды составит отрезок в 70 тысяч км! Трудности преодоления таких громадных расстояний очевидны.

И тем не менее стремление ученых войти в контакт с возможными инопланетянами настолько велико, что, казалось бы, вопреки здравому смыслу в 1972 году был осуществлен запуск автоматической станции «Пионер-10», работающей по оригинальной программе.

Выполнив исследования Юпитера, межпланетная станция навсегда покинула Солнечную систему и, «обменяв на границе системы паспорт», превратилась в звездолет. Ее плавание будет долгим. Это «бутылка капитана Гранта», брошенная наудачу. Даже если она и будет подобрана представителями иной цивилизации, произойдет это через десятки, а может быть, и сотни миллионов лет!

Почему же так нескоро? «Пионер-10» движется в межпланетном пространстве относительно звезд со скоростью около 20 км/с, т. е. расстояния даже до ближайших звезд он покроеет за сотни тысяч лет. Но ведь окрестности их

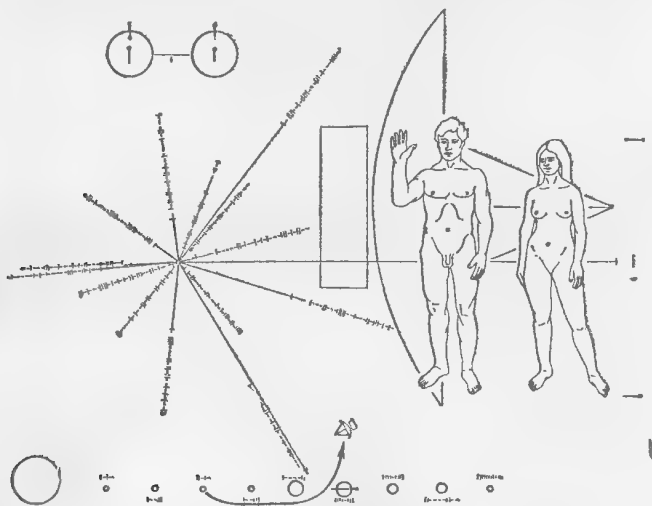


Рис. 20. Стальная пластинка с рисунком и символами, которая заложена внутри «Пионера-10»

могут быть необитаемы, и нашему посланцу надо будет продолжать свое путешествие. Но, если даже он и окажется в сфере обитания какой-то цивилизации, нужно везенье, чтобы крошечная пылинка была обнаружена.

В том невероятном случае, если это произойдет и станция «Пионер-10» окажется «в руках» инопланетян, они

получат от землян зашифрованное письмо. На стальной пластинке, помещенной внутри корпуса станции, изображен следующий рисунок (рис. 20).

Вверху слева изображены два кружочка, символизирующие атом водорода, самого распространенного вещества межзвездного пространства. Его обилие в спиральных рукавах Галактики позволяет наблюдать даже те рукава, которые расположены на противоположном от нас краю Галактики.

Вы, вероятно, помните, что атом водорода состоит всего из одного положительно заряженного протона и всего одного отрицательно заряженного электрона. Образно говоря, в своем обычном состоянии электрон летает вокруг протона по кругу.

Можно вообразить себе следующую картину. Электрон привязан к протону резиновым жгутом и летает вокруг протона все время по радиусу, равному длине жгута. Растянуть жгут собственными силами, чтобы летать по большему радиусу, электрон не может. Но если кто-то даст ему воздушный шарик, то шарик, поднявшись выше, потянет за собой и электрон. Резинка растянется, и электрон перейдет на новую большую орбиту и продолжит свое обращение вокруг протона уже по большему радиусу. И это будет происходить до тех пор, пока электрон будет держать в руке воздушный шарик. Как только он выпустит шарик из рук, резинка притянет его на прежнюю орбиту.

От такого Винни-Пухового описания можно перейти к чуть более строгому, хотя тоже чрезвычайно элементарному. В обычном состоянии электрон обращается вокруг протона по своей стационарной «повседневной» орбите. При этом некая характеристика и электрона, и протона, называемая спином, имеет противоположное направление (об этой замечательной характеристике можно было бы написать целую главу, но вам придется прочитать о ней подробно в других книгах).

Так вот, в этом состоянии атома водорода спины протона и электрона антипараллельны.

Если в процессе этого движения электрон получит некоторую порцию дополнительной энергии («воздушный шарик»), то он переходит на более высокую орбиту, на которой спины становятся параллельными.

В таком «параллельном» состоянии атом водорода живет чрезвычайно долго. Только спустя 11 миллионов лет электрон «выпускает из рук шарик», т. е. излучает избы-



ток энергии в пространство и «спрыгивает» на стационарную орбиту. Длина волны этого излучения равна 21 см, а частота составляет 1420 мегагерц. Человеческий глаз на излучение такой частоты не реагирует, поэтому увидеть мы его не можем. Зарегистрировать это излучение можно с помощью радиотелескопа.

Но как же долго надо ждать, чтобы, наконец, произошел один акт такого излучения. Однако водорода в межзвездном пространстве так много, что в то время, когда в одних атомах электроны «взлетают» на более высокие орбиты, на других уже происходит обратный процесс.

Итак, излучение нейтрального водорода в нашей Галактике на длине волны 21 см настолько «популярно», что представители высокоразвитой цивилизации должны о нем знать.

На рисунке изображены два кружочка. На левом нанесены две стрелки, направленные навстречу друг другу, на правом — «друг другу в затылок», это и есть символическое обозначение атома водорода в двух состояниях: с антипараллельными и параллельными спинами протона и электрона. Отрезок, соединяющий оба кружка, символизирует длину волны излучения, равную 21 см.

Правее и несколько ниже изображен внешний вид станции «Пионер-10»: прямоугольная коробка и параболическая радиоантенна. На фоне антенны в ее масштабе изображены мужчина и женщина.

Ниже и левее приведена схема Солнечной системы: большой кружок — Солнце и далее последовательно все известные нам планеты: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Обратите внимание, что кольцо изображено только у Сатурна. В момент составления рисунка космические кольца на других планетах еще не были открыты. Этот поразительный факт заставляет трепетать сердце, ведь разговор идет о великих открытиях, происшедших на наших глазах. Итак, внизу изображена схема Солнечной системы. Стрелкой указан маршрут станции «Пионер-10» от Земли к Юпитеру и лишь затем в межзвездное пространство.

Рядом с изображением каждой планеты указаны их расстояния от Солнца, закодированные в двоичной системе счисления. Причем за единицу длины принята длина волны 21 см.

В нашем повседневном и научном обиходе мы пользуемся десятичной системой счисления, включающей в себя десять цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Почему цифр именно десять? Исторически это связано с тем, что мы имеем на руках десять пальцев.

Но, вот, скажем, при пользовании ЭВМ более удобной является двоичная система.

Левее человеческих фигур и станции изображен расходящийся из общего центра пучок прерывистых линий. В центре предполагается Солнце, а расходящиеся от него лучи — направления на 14 пульсаров.

Пятнадцатая горизонтальная линия, простирающаяся и за изображениями людей, указывает направление от Солнца до центра Галактики.

Почему направления выбраны именно на пульсары? Что это за объекты?

История открытия пульсаров настолько романтична

и косвенным образом связана с темой об инопланетянах, что не затронуть ее было бы несправедливо.

В 1967 году в обсерватории Джодрел-Бэнк в Англии был введен в строй новый радиотелескоп, работающий в метровом диапазоне длин волн. Его создатели Энтони Хьюиш и Мартин Райл — известные английские радиоастрономы — имели в виду исследовать радиомерцания космических источников радиоизлучения.

Однако вскоре произошли события, открывшие новую эпоху в астрофизике. Сотрудница профессора Хьюиша мисс Белл в одну из июльских ночей 1967 года неожиданно обнаружила, что из определенной области космического пространства к нам идут строго периодические радиосигналы, повторяющиеся через каждые 1,33 секунды!

Первая реакция среди мужской части лаборатории — помеха, источником которой является какая-то промышленная установка на Земле. Тщательными исследованиями мисс Белл опровергла эту версию, а дальнейшие наблюдения привели к открытию еще трех источников в различных точках космического пространства. Ученые насторожились. И было от чего. Таинственные «телеграфисты» посылали свои позывные.

Вопрос о сигналах внеземных цивилизаций принимал реальные очертания. Понимая важность такого рода открытия для человечества и заботясь о приоритете своей страны в этом вопросе, английские радиоастрономы засекретили свои работы.

Целых полгода научный мир не ведал, что человечество стояло на пороге одного из самых выдающихся открытий. Правда, самих радиоастрономов смущали некоторые моменты, в частности слишком неправдоподобное обилие внеземных цивилизаций, действовавших в разных местах, но достаточно однообразно, имеющих практически одни и те же позывные.

Более правдоподобным было бы полагать, что благодаря специальной конструкции радиотелескопа, «умеющего» регистрировать радиосигналы с секундными периодами, удалось обнаружить какие-то новые, неизвестные доселе небесные объекты.

Но почему эти объекты посылают излучение не непрерывно, а с такой «человеческой» периодичностью? Излучение приходит к нам из далеких глубин космического пространства, следовательно, источник его чрезвычайно мощный. Но никакая самая смелая, самая безу-

держная фантазия не способна вообразить такую оригинальную радиомашину, которая ежесекундно генерировала бы радиосигнал колоссальной мощности и тут же замирала бы на секунду, чтобы через секунду вновь воспрянуть!

Можно было полагать, что энергия излучается непрерывно, но ее источник находится на очень быстро вращающейся звезде с периодом вращения, близким к секунде. Но тогда что же это за звезда?

Достаточно вспомнить, что период вращения Солнца вокруг своей оси — 26 суток. И это значит, что объекты, наблюдаемые английскими радиоастрономами, вращаются в 2 246 400 раз быстрее!

Для всех нормальных звезд это просто немыслимая скорость вращения, поскольку даже при много меньших скоростях звезды были бы разорваны центробежными силами. Чтобы «выжить» в таких условиях, звезда должна находиться в сверхплотном состоянии и иметь просто крошечные размеры. Этим требованиям могут отвечать только нейтронные звезды, возможность существования которых была теоретически предсказана еще в 30-х годах нашего столетия.

Чтобы более наглядно представить себе экзотичность нейтронных звезд, давайте сравним две характеристики: радиус и плотность Солнца и типичной нейтронной звезды. Радиус Солнца составляет 696 000 км, а плотность — $1,4 \text{ г/см}^3$, в то время как радиус нейтронной звезды составляет всего 10 км, а плотность достигает чудовищных значений $10^{13} - 10^{14} \text{ г/см}^3$, т. е. от десятков до сотен миллионов тонн в 1 кубическом сантиметре! Такие звезды состоят из плотно упакованных нейтронов и обладают многими удивительными свойствами.

Мы не будем сейчас вдаваться в подробности описания нейтронных звезд, черных дыр, квазаров и других интересных объектов — это не входит в тематику нашей книги. Вы сможете сделать это самостоятельно, обратившись к списку литературы, приведенному в конце.

Тем не менее обратим ваше внимание на то, что на нейтронных звездах имеются «горячие пятна», являющиеся мощными источниками излучения в различных диапазонах электромагнитных волн, в том числе и в радиодиапазоне. Период вращения такого пятна равен периоду вращения самой звезды, поэтому-то радиоизлучение приходит к нам всякий раз, когда пятно поворачивается к нам «лицом».

Таких нейтронных звезд, или пульсаров, открыто уже больше сотни. А профессор Хьюиш за их открытие первым среди астрономов удостоен Нобелевской премии по физике.

Так, вот, 14 пульсаров и выбраны в письме к инопланетянам в качестве системы координат, которая должна помочь инопланетянам определить местоположение Солнечной системы в пространстве. В этих 14 отрезках на рисунке зашифрованы не только расстояния от Солнца до пульсаров, но и периоды их пульсаций. Если представителям иной цивилизации удастся отождествить эти пульсары, то по изменению их периодов они сумеют определить и время запуска «Пионера-10» с Земли.

А теперь давайте немножко поиграем. Вообразим себя этими самыми инопланетянами, в руках которых оказался наш космический аппарат.

После тщательного внешнего осмотра инопланетяне открывают контейнер и обнаруживают письмо от землян. Маститому ученому поручается разобраться в нашей «клинописи» и через некоторое время он докладывает результаты своего исследования. Для экономии времени переведем его речь сразу на русский язык, опустив вступительную часть.

— Итак, нет сомнения, что обнаруженный нами аппарат создан некими разумными существами. Уровень их развития достаточно высок, на что указывает их попытка сообщить некоторые сведения о себе.

Как же они это делают? Ну, прежде всего, на рис. 20 изображен сам аппарат. Это, несомненно, сделано для того, чтобы дать нам исходную единицу масштаба. Обратите внимание, что часть элементов рисунка снабжена системой кодировки, а часть — нет, в том числе и изображение аппарата. Следовательно, к этой второй части применим непосредственно масштаб аппарата.

Оставим пока в стороне две неправильные геометрические фигуры на фоне аппарата и обратимся к «велосипеду», изображенному в левом верхнем углу рисунка. Измерение всех его элементов, а именно диаметра кружков, длины стрелок и так далее, в масштабе аппарата дает нам набор чисел. Эти числа были введены в ЭВМ с целью выявить скрытую в них информацию. ЭВМ выделила число, отражающее длину отрезка, соединяющего оба кружка, а именно 21 см, «полагая», что за этим числом стоит длина волны излучения нейтрального водорода. При этом стрелки отражают параллельность и антипарал-

тельность спинов при переходе атома водорода из правого положения в левое.

Таким образом, мы получаем новый пространственный и временной масштаб, поскольку длина волны перехода составляет 21 см, а частота излучения на этой длине волны — 1420 МГц.

Обратимся теперь к самой нижней серии рисунков. Здесь изображены 10 кружочков разного диаметра. Ключом к рисунку вновь является изображение аппарата. Обратите внимание на его ориентировку, его радиоантенна строго направлена на кружок, от которого берет начало длинная стрелка, идущая к аппарату.

В настоящее время проработано несколько версий по этому рисунку. Например, кружок, от которого берет начало стрелка, символизирует нашу с вами планету, с которой миллионы лет назад стартовал аппарат с письмом на борту к своим далеким потомкам, то есть к нам. При этом планировался контроль за движением аппарата с планеты. Однако в этом случае остается загадкой, что же символизируют остальные кружки? Конечно, стрелка, изображающая траекторию полета, проходит мимо двух больших кружков, которые могут символизировать двойную звезду. Но где же тогда наше Солнце?

Более правдоподобной выглядит другая версия. На рисунке изображена целая планетная система. Слева самый большой кружок символизирует центральную звезду системы, а все последующие — 9 планет. С этой идеей хорошо согласуются предварительные данные по расшифровке закодированной информации, указанной около каждого кружка. Судя по полученным значениям, мы имеем дело с расстояниями планет до центрального светила.

При этом имеет место поразительный факт: планета, с которой осуществлен запуск аппарата, находится практически на таком же расстоянии от центральной звезды, как и наша планета от нашего Солнца. По-видимому, мы столкнулись с универсальным законом природы: жизнь может возникнуть только в определенной окрестности звезды.

Итак, окончательное мнение таково. Аппарат, запущенный с третьей планеты, прошел мимо четвертой, пятой и шестой планет и затем вышел за пределы системы. При этом с аппаратом поддерживалась радиосвязь, о чем и говорит строгая ориентация антенны на рисунке. Наличие письма на борту свидетельствует о

цели запуска: неведомые нам существа сообщали о своем существовании. При этом они, очевидно, отдавали себе отчет о том, что их аппарат может блуждать в безбрежных просторах межзвездного пространства миллионы лет, прежде чем может попасть адресату.

А раз так, то они обязательно должны были найти возможность указать на рисунке свое местоположение в пространстве и время запуска, то есть эпоху своего существования.

Именно эта информация закодирована в левой части рисунка, где изображены прерывистые линии, исходящие из одной точки. Судя по данным расшифровки, каждая линия — направление на определенный пульсар. К сожалению, здесь мы сталкиваемся с большими трудностями. Во-первых, периоды этих пульсаров с тех пор изменились, что обязательно надо иметь в виду при их отождествлении. Это очень важно, поскольку степень изменения периодов пульсаров дает нам точную эпоху запуска аппарата.

Во-вторых, с нашей планеты и из ее окрестностей невозможно наблюдать все 14 пульсаров из-за очень узкой направленности их излучения... Работа в этом направлении сейчас интенсивно ведется.

И, наконец, последнее. Совершенно очевидно, что авторы письма, заложив такую разнообразную и полезную для нас информацию, не могли не изобразить самих себя. По-видимому, две загадочные фигуры, изображенные на фоне аппарата, и есть их образы.

И вот это — самая большая загадка. Эти существа до такой степени отличны от нас, что приходит в голову мысль, а не вспомогательные ли роботы изображены на рисунке?

Но как бы то ни было, одно можно сказать с полной уверенностью: мы никогда не находили ничего подобного в наших археологических раскопках...

Конечно, нафантазировать можно что угодно. Ведь не исключено, что братья по разуму, наоборот, лишь взглянув на рисунок, воскликнут:

— Как же они похожи на нас!

Главное, конечно, чтобы аппарат оказался в руках инопланетян.

Как уже указывалось, вероятность такого события ничтожна.

Представьте себе, что вы в морском порту Владивостока бросаете в воду спичечный коробок с неким посла-

нием к своему другу, проживающему в Сан-Франциско, надеясь, что корабль пересечет Тихий океан, причалит именно к Сан-Франциско и будет подобран вашим другом во время купания у городского пляжа...

Мы затронули лишь самую малую часть работы ученых по исследованию проблемы внеземных цивилизаций, описав только некоторые сведения, касающиеся путешествия аппарата «Пионер-10». Однако активно ведется поиск и других возможностей. Так, еще 30 лет назад было признано, что наиболее перспективный путь лежит через связь с другими мирами путем обмена сигналами электромагнитной природы.

Всех интересующихся вопросами внеземных цивилизаций мы отсылаем к замечательной книге И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум», выдержавшей уже 6 изданий.

Что же касается «многочисленных наблюдений НЛО» и всевозможных АЯ, то они никакого отношения к данной проблеме не имеют, как, впрочем, и разговоры о посещении нашей планеты инопланетянами в прошлом. Пока не обнаружено ни одного достоверного признака, указывающего на такое посещение.

Правда в оценке проблемы НЛО и всяких прочих чудес имеет место некая частная тенденция. Некоторые взрослые видят в разговорах об НЛО, инопланетянах, посещениях и прочем способ привлечения молодежи к творчеству, к развитию воображения, фантазии, возбуждению интереса к окружающей нас природе и т. д. И немудрено, что иногда попытки внести ясность в затронутый нами вопрос вызывают агрессивную реакцию, скажем, у некоторых преподавателей средних школ, искренне считающих, что поддержание мифа об НЛО помогает им в воспитании у детей таких качеств, как любознательность и стремление к поиску.

Что ж, если действительно помогает, то, без сомнения, такой миф полезен. Раз уж все остальные интеллектуальные и технические достижения человечества не удастся донести до сознания маленького, но энергично развивающегося человека без обязательного обращения к несуществующему НЛО...

Правда, Я. И. Перельман, например, никогда об инопланетянах не писал...

Я САМ! (ПРОЧТИТЕ ЭТУ ГЛАВУ)

Если вам хочется побыть наедине с собой, отвлечься от повседневной текучки, дать волю дремлющей в вас фантазии, приходите на свидание со звездами. Отложите сновидения на утренние часы. Вспомните бессмертные строки И. Ильфа и Е. Петрова: «В сквере приятно сидеть именно ночью. Воздух чист, и в голову лезут умные мысли».

А какое наслаждение созерцать тонкую, поистине волшебную небесную роспись! Не зря охотники, рыбаки и туристы, устроившись на ночлег, любят подолгу разглаживать небо. Как часто, лежа у погасшего костра и глядя в бескрайнюю даль, они искренне сожалеют, что их знакомство со звездами ограничивается ковшем Большой Медведицы. При этом многие и мысли не допускают, что это знакомство можно расширить, и считают, что небо для них — тайна за семью печатями. Довольно распространенное заблуждение. Поверьте, сделать первый шаг на пути астронома-любителя — дело вовсе не трудное. Он доступен и младшему школьнику, и студенту, и начальнику конструкторского бюро, и пастуху, и трактористу, и пенсионеру.

С чего же начинать?

У значительного большинства людей бытует предвзятое представление, что любительская астрономия начинается с телескопа («Вот сделаю небольшой телескоп и буду наблюдать звезды».) Однако зачастую благодатный порыв оказывается в плену абсолютно неразрешимой проблемы: где купить нужные линзы для самодельного телескопа-рефрактора или стекла необходимой толщины для изготовления зеркала к телескопу-рефлектору? Три-четыре бесплодные попытки, и диалог со звездным небом откладывается на неопределенное время, а то и навсегда. А жаль! Ведь если вы хотите приобщиться к астрономии или помочь сделать это своим детям, лучшим способом, чем наблюдения метеоров, вам не найти.

Помните только, что начинать их целесообразно в период максимального действия какого-либо интенсивного метеорного потока. Лучше всего это сделать в ночи с 11 на 12 и с 12 на 13 августа, когда активизируется поток Персеид. Для школьников это вообще исключительно удобное время. На этом этапе для наблюдений не понадобятся никакие оптические инструменты или приспособления. Нужно только выбрать место для наблюдений, расположенное вдали от источников света и дающее достаточно большой обзор неба. Оно может находиться в поле, на холме, в горах, на большой опушке леса, на плоской крыше дома, в достаточно широком дворе. При себе необходимо иметь только тетрадь (журнал наблюдений), карандаш и любые часы, наручные, настольные или даже настенные.

Задача заключается в том, чтобы каждый час подсчитывать количество увиденных вами метеоров, а результат запоминать или записывать. Наблюдения желательно вести как можно дольше, скажем с 22 часов и до рассвета. Наблюдать можно лежа, сидя или стоя: наиболее удобную позу вы выберете себе сами. Наибольший участок неба можно охватить наблюдениями, лежа на спине. Однако такая поза довольно рискованна: многие начинающие астрономы-любители засыпают во второй половине ночи, оставляя метеорам возможность «бесконтрольно» носиться по небу.

Заключив наблюдения, составьте таблицу, в первую графу которой внесите часовые интервалы наблюдений, например с 2 до 3 ч, с 3 до 4 ч и т. д., а во вторую — соответственное им количество увиденных метеоров: 10, 15, ... Для большей наглядности можно построить график зависимости числа метеоров от времени суток — и будете иметь картину, показывающую, как менялось количество метеоров в течение ночи. Это будет вашим маленьким «научным открытием». Сделать его можно уже в самую первую ночь наблюдений. Пусть вас вдохновляет мысль, что все увиденные вами в эту ночь метеоры неповторимы. Ведь каждый из них — это мимолетный прощальный автограф исчезающей навсегда межпланетной частички. В случае удач, наблюдая метеоры, можно увидеть один, а то и более болидов. Болид может завершиться падением метеорита, поэтому будьте готовы к следующим действиям: по часам установите момент пролета болида, по наземным или небесным ориентирам постарайтесь запомнить (зарисовать) его траекто-



рию, прислушайтесь, а не последует ли каких-нибудь звуков (удара, взрыва, гула) после погасания болида или его исчезновения за горизонтом. Данные занесите в журнал наблюдений. Сведения, полученные вами, могут оказаться полезными специалистам в случае организации поиска места падения метеорита.

Уже в первую ночь, проводя наблюдения, вы обратите внимание на наиболее яркие звезды, на их взаимное расположение. А если будете продолжать наблюдения и далее, то за несколько пусть даже неполных ночей привыкнете к ним и будете их узнавать. Еще в древности звезды были объединены в созвездия. Созвездия нужно постепенно изучить. Этого уже нельзя сделать, не имея карты звездного неба. Ее следует приобрести в книжном магазине. Отдельно карты или атласы звездного неба продаются редко, чаще они прилагаются к различным книгам, например к учебнику астрономии для 10-го класса, к «Школьному астрономическому календарю», к научно-популярной астрономической литературе.

Отождествлять звезды на небе с их изображениями на карте дело нетрудное. Нужно только приспособиться

к масштабу карты. Выходя на наблюдения с картой, захватите с собой фонарик. Чтобы карта не освещалась слишком ярко, свет фонарика можно ослабить, обернув его бинтом. Знакомство с созвездиями — занятие чрезвычайно увлекательное. Решение «Звездных кроссвордов» никогда не надоедает. Мало того, опыт показывает, что дети, например, с удовольствием играют в звездную игру и очень быстро запоминают и названия созвездий, и их расположение на небе.

Итак, уже через неделю вы довольно свободно сможете плавать по небесному морю и говорить на «ты» со многими звездами. Хорошее знание звездного неба расширит вашу научную программу наблюдений метеоров. Правда, при этом экипировка несколько усложнится. Кроме часов, журнала и карандаша нужно взять фонарик, карту, линейку, ластик, подложку для карты (какую-нибудь фанерку или маленький столик). Теперь при наблюдениях траектории всех увиденных вами метеоров вы наносите на карту карандашом в виде стрелок. Если наблюдения проводились в дату максимума потока, то некоторые стрелки (а иногда и большинство) будут расходиться по карте веером. Продолжите стрелки назад штриховыми линиями: эти линии пересекутся в некоторой области или даже точке звездной карты. Это будет означать, что метеоры принадлежат метеорному потоку, а найденная вами точка пересечения штриховых линий — приблизительный радиант этого потока. Остальные нанесенные вами стрелки могут быть траекториями спорадических метеоров.

Описанные наблюдения проводятся, как уже отмечалось, без применения каких-либо оптических инструментов. Если в вашем распоряжении имеется бинокль, то появляется возможность наблюдать не только метеоры и болиды, но и их следы. Очень удобно работать с биноклем, если укрепить его на штативе. После пролета болида, как правило, на небе виден слабосветящийся след. Наведите на него бинокль. На ваших глазах след под влиянием воздушных течений будет менять свою форму, в нем образуются сгустки и разрежения. Очень полезно зарисовать несколько последовательных видов следа.

Не представляет значительных трудностей и фотографирование метеоров. Для этих целей можно использовать любой фотоаппарат. Самый простой способ — укрепить фотоаппарат на штативе или положить его, скажем, на табуретку и направить в зенит. При этом установить

затвор на длительную выдержку и фотографировать звездное небо в течение 15—30 мин. После этого перевести пленку на один кадр и продолжить фотографирование. На каждом снимке изображения звезд получают-ся в виде параллельных дуг, а метеоры — в виде прямых линий, как правило, пересекающих дуги (рис. 21). Следует иметь в виду, что поле зрения одного обычного объектива не очень велико, и поэтому вероятность сфотографировать метеор достаточно мала (рис. 22). Нужно терпение и, конечно, немного удачи. При проведении фотографических наблюдений хороша кооперация: несколько фотоаппаратов, направленных в различные области небесной сферы аналогично тому, как это делают профессиональные астрономы (рис. 23). Однако если уж вам удастся создать небольшую группу охотников за метеорами, полезно разделить ее на две группы. Каждая группа должна облюбовать свое место наблюдений в достаточной удаленности друг от друга (в 15—20 км) и проводить совместные наблюдения по заранее согласованной программе.

Сами фотографические наблюдения — занятие сравнительно простое: щелкай затворами, перематывай пленку, записывай время начала и конца экспозиций и моменты пролета метеоров. Значительно сложнее обработка полученных снимков. Впрочем, пугаться сложностей не следует. Если уж вы решились наладить с небом дружеские отношения, то будьте готовы к необходимости известного интеллектуального напряжения.

А как быть с наблюдением комет? Если бы кометы появлялись так же часто, как метеоры, то для любителей астрономии лучшего и желать бы не надо. Но, увы! Прождать комету можно целую «вечность» и тем не менее остаться ни с чем. Пассивность здесь — враг номер один. Кометы надо искать. Искать с энтузиазмом, с большим желанием, с верой в успех. Очень многие яркие кометы были открыты именно любителями. Их имена навечно записаны в анналах истории.

Где же нужно искать кометы, в какой области неба? Есть ли хоть какая-то зацепка для начинающего наблюдателя?

Есть. Яркие кометы следует искать недалеко от Солнца, т. е. утром перед восходом Солнца на востоке, вечером после захода Солнца на западе. Вероятность успеха сильно возрастет, если вы изучите созвездия, привыкнете к расположению звезд, к их блеску. Тогда появление

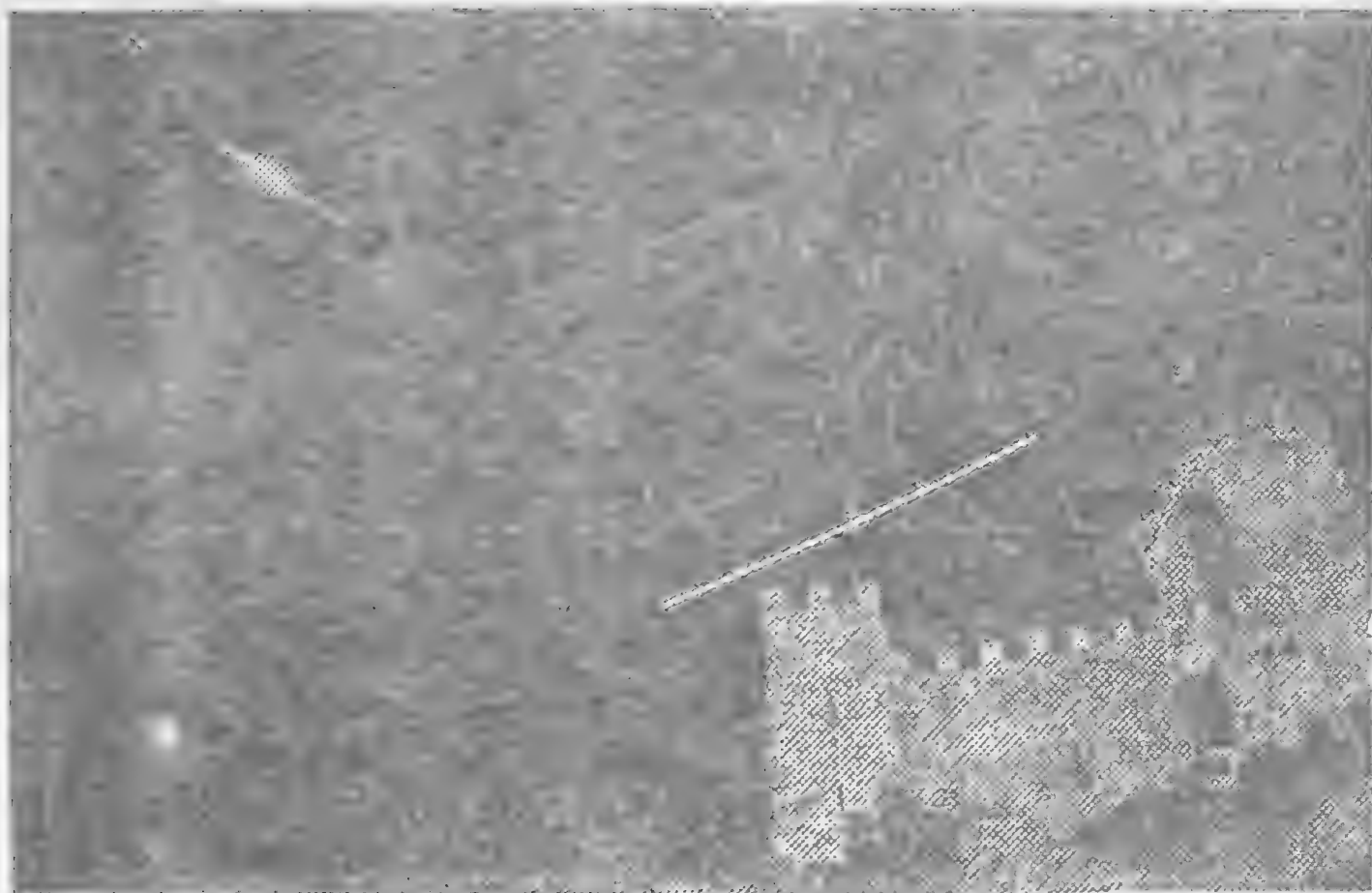


Рис. 21. Снимок болида, полученный юными астрономами из Крымского областного отделения ВАГО

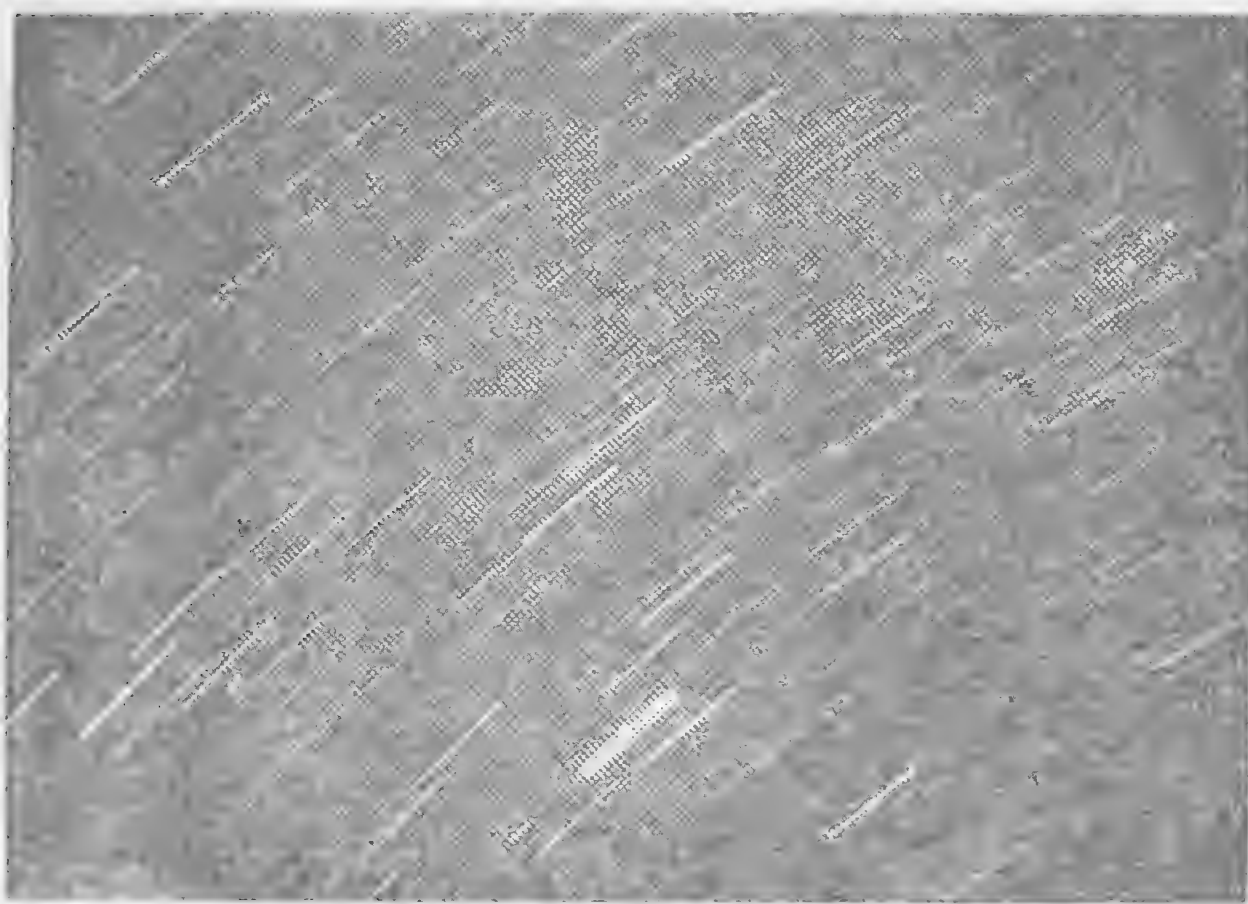


Рис. 22. Снимок звездного неба, полученный с помощью фотоаппарата при экспозиции 10 мин

«постороннего» объекта не ускользнет от вашего внимания. Если в вашем распоряжении имеется бинокль, зрительная труба, телескоп или другой инструмент, позволяющий наблюдать и более слабые объекты, будет очень полезным составить себе карту туманностей и шаровых скоплений, иначе сердце ваше не раз будет учащенно



Рис. 23. Агрегат метеорного патруля Института астрофизики АН ТаджССР, состоящий из восьми длиннофокусных камер

биться по случаю открытия вами ложной кометы. А это, поверьте, очень обидно! Сам процесс наблюдений несложен, нужно регулярно осматривать присолнечную утреннюю и вечернюю часть неба, подстегивая себя желанием во что бы то ни стало обнаружить комету.

Что же сделать, если вдруг невероятным образом повезет и вы обнаружите то, что искали? Прежде всего следует отправить телеграмму по адресу: 109017 Москва Ж-17, Пятницкая ул., 48, Астрономический совет АН СССР, в которой указать дату и время наблюдений, координаты кометы (прямое восхождение и склонение, определенные по звездной карте), ее приблизительную яркость, наличие хвоста. Не забудьте сообщить свою фамилию, имя и отчество и домашний адрес.

Наблюдения кометы необходимо проводить в течение всего периода ее видимости. Если комету не удастся сфотографировать, то сделайте серию рисунков ее внешнего вида с обязательным указанием времени и даты. Особенно тщательно зарисуйте различные детали в голове и хвосте кометы. Всякий раз наносите положение кометы на звездную карту, «прокладывая» ее маршрут.

При наличии фотоаппарата не скупитесь на фотографии. Объединив фотоаппарат с телескопом, вы получите светосильный астрограф, и ваши фотографии будут ценными вдвойне.

Помните, что и при визуальных наблюдениях с биноклем или телескопом, и при фотографировании телескоп и фотоаппарат должны быть укреплены на штативе, иначе изображение объекта будет «дрожать от холода».

Хорошо, если при наблюдениях даже чисто визуальных с телескопом или биноклем удастся оценить блеск кометы. Дело в том, что очень активные кометы могут сильно «мигать», то повышая, то уменьшая свою яркость. Причинами могут оказаться внутренние процессы в ядре (внезапный выброс вещества) или внешнее воздействие потоков солнечного ветра.

Вы, вероятно, помните, что определить яркость звездобразного объекта можно путем сравнения ее с блеском известных звезд. Так оценивается, например, звездная величина астероида. С кометой дело сложнее. Ведь она видна не как звезда, а как туманное пятнышко. Поэтому применяется следующий довольно остроумный способ. Наблюдатель выдвигает окуляр телескопа, выводя изображение кометы и звезд из фокуса, в результате чего звезды из точек превращаются в размытые пятна. Наблюдатель выдвигает окуляр до тех пор, пока размеры звездных пятен не сравняются или почти не сравняются с размерами кометы. Затем выбираются две звезды для сравнения — одна несколько ярче кометы, вторая — слабее. Находятся по звездному каталогу их звездные величины, скажем 3^m и 5^m . Тогда ясно, что яркость кометы в данный момент приблизительно равна 4^m .

Бесспорно, представляет интерес и наблюдение уже ранее открытых комет. Списки таких комет, наблюдение которых ожидается в данном году, публикуются в «Астрономическом календаре» (Переменная часть). Такие календари выходят ежегодно. Правда, очень часто после описания истории кометы и условий ее предстоящего наблюдения добавляется очень неприятная фраза:

«Любительским наблюдениям недоступна». Так, все пять короткопериодических комет, наблюдавшиеся в 1988 году, любителям были недоступны из-за их малой яркости. Да, поистине, надо открывать свои кометы!

Очень слабые кометы обычно открывают, просматривая негативы с изображением звездного неба. Если вы не забыли, точно так же открывают и новые астероиды.

Наблюдать астероиды невооруженным глазом практически нельзя. Но в небольшие телескопы это сделать удается. В том же «Астрономическом календаре» публикуется список астероидов, доступных наблюдениям в данном году.

Примите к сведению один совет. Никогда не полагайтесь только на свою память, результаты наблюдений обязательно занесите в журнал и как можно подробнее. Лишь в этом случае можно рассчитывать на то, что ваше прекрасное хобби будет полезным науке.

В нашей стране все организованные любители астрономии объединены во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО), имеющее свои отделения в каждой республике и во многих городах и районных центрах. ВАГО имеет в своем составе более 100 юношеских секций и астрономических кружков. Их адреса опубликованы в Циркуляре ВАГО № 41, 1987.

Хочется сделать одно маленькое отступление. Традиционно под любителем астрономии понимается человек, активно участвующий в наблюдениях небесных объектов. Если по отношению к взрослым людям это вполне оправдано, то по отношению к детям такая точка зрения ошибочна. За 17 лет работы в Малой академии наук г. Душанбе мне пришлось заниматься с большим числом школьников, не тяготеющих к наблюдательной деятельности или телескопостроению и тем не менее бесспорно относящихся к любителям астрономии. Они действительно не любят наблюдений, слабо ориентируются в звездных картинах, но с большой охотой занимаются «теорией» объектов и явлений, много читают, фантазируют. Таких ребят я называю интерпретаторами.

Эта книжка написана в расчете и на наблюдателей, и на интерпретаторов. Хотелось убедить вас, дорогие читатели, в доступности понимания некоторых астрономических явлений, помочь преодолеть широко распространенную робость, подтолкнуть вас к первой ступеньке удивительной бесконечной лестницы, ведущей к далеким и близким мирам,

Завершая эту главу, советуем вам обязательно покупать в книжном магазине «Школьный астрономический календарь» (М.: Просвещение). Не надо смущаться тем, что календарь всего лишь школьный. Это прекрасный дешевый справочник, ваш верный путеводитель и друг. Не забудьте кроме журнала «Квант» подписаться на научно-популярный журнал «Земля и Вселенная», в котором публикуются материалы, весьма полезные для любителей астрономии, на брошюры «Новое в жизни, науке и технике» (Серия «Космонавтика, астрономия»). Старайтесь просматривать журналы «Природа», «Наука и жизнь», «Химия и жизнь», «Техника молодежи», следите за научно-популярной литературой, выходящей не только в серии «Библиотечка «Квант», но и в других изданиях, читайте художественную литературу, не пренебрегайте фантастикой.

И последнее. Верьте в свои силы и направьте их на большое и нужное дело, чтобы, выражаясь словами И. Ильфа и Е. Петрова, настоящая жизнь не пролетела мимо вас, радостно трубя и сверкая лаковыми крыльями!

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Астапович И. С. Метеорные явления в атмосфере Земли.— М.: Физматгиз, 1958.
- Бабаджанов П. Б. Метеоры и их наблюдения.— М.: Наука, 1987.
- Беллев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдение.— М.: Наука, 1985.
- Бронштэн В. А. Метеоры, метеориты, метеороиды.— М.: Наука, 1987.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной.— 8-е изд.— М.: Наука, 1980.
- Вронский Б. И. Тропою Кулика.— М.: Наука, 1983.
- Гетман В. С. Метеоры и метеориты.— М.: Знание, 1984.
- Давыдов В. Д. Загадки кометных ядер.— М.: Знание, 1988.
- Дивари Н. Б. Зодиакальный свет и межпланетная пыль.— М.: Знание, 1981.
- Добровольский О. В. Кометы.— М.: Наука, 1966.
- Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба: Путеводитель по созвездиям и Луне.— 5-е изд.— М.: Наука, 1986.
- Климишин И. А. Астрономия наших дней.— 3-е изд.— М.: Наука, 1986.
- Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии.— 4-е изд.— М.: Наука, 1971.
- Левин Б. Ю., Симоненко А. Н. Комета Галлея.— М.: Знание, 1984.
- Маров М. Я. Планеты Солнечной системы.— 2-е изд.— М.: Наука, 1986.
- Марочник Л. С. Свидание с кометой.— М.: Наука, 1985.— Б-чка «Квант», вып. 47.
- Марочник Л. С. Экспедиция к комете Галлея.— М.: Знание, 1987.
- Мартыненко В. В. Задачи и методы любительских наблюдений метеоров.— М.: Наука, 1967.
- Сафронов В. С. Происхождение Земли.— М.: Знание, 1987.
- Симоненко А. Н. Пояс астероидов.— М.: Знание, 1977.
- Симоненко А. Н. Метеориты — осколки астероидов.— М.: Наука, 1979.
- Симоненко А. Н. Астероиды.— М.: Наука, 1985.
- Струве О., Линдс Б., Пилланс Э. Элементарная астрономия.— М.: Наука, 1964.
- Томика К. Беседы о кометах.— М.: Знание, 1982.
- Уипл Ф. Л. Природа комет: Кометы и происхождение жизни.— М.: Мир, 1984.
- Уипл Ф. Л. Семья Солнца.— М.: Мир, 1984.
- Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе.— 6-е изд.— М.: Наука, 1984.
- Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение.— М.: Наука, 1980.
- Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум.— 6-е изд.— М.: Наука, 1987.
- Юпошеские коллективы любителей астрономии в СССР. Циркуляр В АГО № 41.— М.: 1987,

Научно-популярное издание

ГЕТМАН Владимир Сергеевич

ВНУКИ СОЛНЦА

БИБЛИОТЕЧКА «КВАНТ», ВЫПУСК 76

Заведующий редакцией *Г. С. Куликов*

Редактор *Л. А. Панюшкина*

Художник *В. О. Ованнесбегянц*

Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*

Технический редактор *С. Я. Шкляр*

Корректоры *Е. Ю. Рычагова, Н. В. Румянцева*

ИБ № 32725

Сдано в набор 24.05.89. Подписано к печати 19.09.89.

Т-16520. Формат 84×108¹/₃₂.

Бумага тип. № 2. Гарнитура обыкновенная новая. Печать высокая.

Усл. печ. л. 9,24. Усл. кр.-отт. 9,66. Уч.-изд. л. 9,75.

Тираж 150000 экз. Заказ. № 3096 Цена 45 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы

117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

2-я типография изд-ва «Наука», 121099 Москва, Шубинский пер., 6